

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CENTRO TECNOLÓGICO DE JOINVILLE  
CURSO DE ENGENHARIA AUTOMOTIVA

ANTÔNIO CARLOS DA SILVA SANTANA JUNIOR

ANÁLISE TÉCNICA E COMPARATIVA DE CAIXA DE CÂMBIO MANUAL E  
AUTOMÁTICA

Joinville

2018

ANTÔNIO CARLOS DA SILVA SANTANA JUNIOR

ANÁLISE TÉCNICA E COMPARATIVA DE CAIXA DE CÂMBIO MANUAL E  
AUTOMÁTICA.

Trabalho apresentado como requisito  
para obtenção do título de bacharel no Curso de  
Graduação em Engenharia Automotiva do  
Centro Tecnológico de Joinville da  
Universidade Federal de Santa Catarina.

Orientador: Prof. Dr. Marcos Alves  
Rabelo

Joinville

2018

ANTÔNIO CARLOS DA SILVA SANTANA JUNIOR.

ANÁLISE TÉCNICA E COMPARATIVA DAS PRINCIPAIS TRANSMISSÕES  
AUTOMOTIVAS

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do título de bacharel em Engenharia Automotiva, na Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico de Joinville.

**Banca Examinadora:**

---

Dr. Marcos Alves Rabelo  
Orientador/Presidente

---

Dr. Sérgio Junichi Idehara  
Universidade Federal de Santa Catarina

---

Dr. Lucas Weihmann  
Universidade Federal de Santa Catarina

## **AGRADECIMENTOS**

Gostaria de agradecer, primeiramente, a Deus por me dar força, fé e o discernimento para a realização deste trabalho e da conclusão do curso. Dedico também esta monografia a meus pais, Antonio Carlos da Silva Santana e Regina Lima Santana, a meus irmãos, Joana Lima Santana e Johnattan Lima Santana, minha namorada, Bruna Brogin, e a todos os meus parentes por terem me acompanhado durante toda a trajetória na minha graduação e me apoiado nos momentos mais difíceis e de superação.

Também não esqueço dos meus amigos que contribuíram, tanto direta como indiretamente, nas minhas conquistas na universidade e no desenvolvimento e conclusão deste trabalho.

Agradeço, também, a equipe técnica da Honda e ao seu chefe mecânico Everton Luiz da Fonseca, que me receberam no estabelecimento e contribuíram com informações para a realização desse trabalho. Por fim, dedico esse trabalho a todos os professores, doutores e servidores das instituições de ensino (UFSC, SENAI, Politecnico di Torino, UDESC, UFPR) os quais, ajudaram no desenvolvimento dos meus conhecimentos e me ensinaram a valorizar o ensino, a pesquisa e tecnologia para o bem do nosso país e do mundo.

## RESUMO

A indústria automotiva surgiu antes mesmo do século XX, quando iniciou o desenvolvimento dos primeiros veículos. Essas máquinas são constituídas por diversos componentes, mecânico e eletroeletrônico. A caixa de transmissão é um dos principais componentes do automóvel tendo um papel fundamental sobre a dinâmica veicular, além de segurança, conforto e alta performance, quando exigido. Atualmente, na indústria automotiva existem quatro tipos de caixas de transmissão, e sua aplicabilidade no veículo objetiva, desde baixo custo no valor final do produto, até melhor eficiência na transferência de energia desde a geração no motor até as rodas. Nesse contexto, é proposto um trabalho visando análise técnica e comparativa das transmissões manual e automática utilizadas hoje no mundo automotivo, e abrangerá conteúdos sobre o funcionamento mecânico das peças de cada uma dessas transmissões e seu comportamento, apresentando a comparação de dados de desempenho, torque e potência. Além disso, foi feita uma pesquisa de campo juntamente a profissionais especializados na área, a fim de fortalecer as informações e os dados técnicos fornecidos pela montadora. Com isso, foi utilizado os conceitos da análise SWOT, reunindo todo o conteúdo pesquisado e analisado, a fim de verificar as vantagens e desvantagens no uso, bem como as possíveis tendências e cenários favoráveis para ambas as transmissões. Observou-se que com os avanços tecnológicos e as tendências da indústria automotiva as características da transmissão automática a tornam uma forte candidata para contemplar as exigências futuras. Com relação a transmissão manual, esta contém características fundamentais que ainda atende à demanda de desempenho e baixo custo, sendo um sistema que seguirá sendo usado.

**Palavras-chave:** Automobilismo. Transmissão Automotiva. Análise SWOT.

## ABSTRACT

The idea and concept of the automotive industry arose even before the XX century, where the development of the first vehicles began. These machines consist of several components, electrical, electronics and mechanics. The transmission box is one of the main components of the car having a key role about the vehicle dynamics, safety, comfort and high performance when required. Currently, in the automotive industry, there are four types of power transmission boxes and their applicability on the vehicle has some goals, since low cost in the final value of the product, until a better efficiency in the transfer of energy, from its generation, on the engine, to the wheels. In this context, a work is proposed aiming at a technical analysis with the manual and automatic transmissions used today in the automotive world, in addition, this work will cover contents involving the mechanical operation of the parts involved in each one of the transmissions and its behavior in the vehicular dynamics bringing, showing a performance data comparison of power and torque. Moreover, was used a SWOT analysis concept joining all the collected contents and analyzed to check the advantages and disadvantages on each transmission, which the possible trends and favorable and unfavorable scenarios for each one. Noticed mainly, that with the technologic advantages and the automotive trends future, the automatic transmission characteristics, become a greater option to attend a lot of future requirements. In other hands, the manual transmission has fundamentals characteristics the still contemplate demands as performance and low cost, thus, a transmission system that still will have a good path to be followed.

**Keywords:** Automotive. Automotive Transmission. SWOT Analysis

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Bertha Benz em seu Motor Wage. ....	13
Figura 2 – Sistema de transmissão não compacta .....	15
Figura 3 – Sistema de transmissão compacta .....	15
Figura 4 – Transmissão compacta disposta na região dianteira. ....	16
Figura 5 – Transmissão compacta disposta na região traseira.....	16
Figura 6 – Disposição da transmissão articulada.....	17
Figura 7 – Eixo articulado. ....	17
Figura 8 – Juntas universais e elásticas. ....	18
Figura 9 – Configuração da junta. ....	18
Figura 10 – Variação vertical da junta.....	18
Figura 11 – Montagem da cruzeta. ....	19
Figura 12 – Movimento da junta elástica. ....	19
Figura 13 – Condição do veículo ao descrever uma curva.....	20
Figura 14 – Componentes do diferencial.....	20
Figura 15 – Comportamento do diferencial em movimento retilíneo. ....	21
Figura 16 - Funcionamento das engrenagens satélites e planetárias. ....	21
Figura 17 – Semi-árvores. ....	22
Figura 18 – Posição da embreagem no conjunto motopropulsor .....	23
Figura 19 – Acionamento do disco de embreagem. ....	23
Figura 20 – Embreagem em repouso.....	24
Figura 21 – Embreagem acionada. ....	24
Figura 22 – Componentes do disco de embreagem.....	25
Figura 23 – Dispositivos de amortecimento do disco de embreagem. ....	25
Figura 24 – Vista em corte do platô. ....	26
Figura 25 – Conjunto de discos do sistema de embreagem.....	27
Figura 26 – Vista em corte de uma transmissão mecânica de 5 marchas.....	28
Figura 27 – Diferentes configurações de uma caixa de mudanças de quatro velocidades.....	29
Figura 28 – Árvore primária e secundária .....	29
Figura 29 – Diagrama do fluxo de torque.....	31
Figura 30 – Esquema de uma transmissão automática de 7 marchas da Mercedes.....	32
Figura 31 – Representação do conversor de torque.....	33
Figura 32 – Impulsor da bomba.....	34

Figura 33 – Rotor da turbina.....	34
Figura 34 – Esquema do estator. ....	35
Figura 35 – Princípio de funcionamento do conversor de torque.....	36
Figura 36 – Funcionamento do estator. ....	36
Figura 37 – Curva de multiplicação de torque de um conversor de torque.....	37
Figura 38 – Eficiência de um conversor de torque padrão. ....	37
Figura 39 - Eficiência de um sistema Lock-up Clutch. ....	38
Figura 40 – Conjunto de engrenagens planetárias.....	39
Figura 41 – Engrenagens planetárias.....	40
Figura 42 – Visão esquemática de um sistema de engrenagens planetárias.....	40
Figura 43 – Vista simplificada do conjunto planetário.....	41
Figura 44 – Vista esquemática de uma caixa epicicloidal de Wilson. ....	42
Figura 45 – Curva de torque/potência motor SOHC i-VTEC 1.4L.....	48
Figura 46 – Diagrama de desempenho de um motor de ciclo Otto. ....	49
Figura 47 – Diagrama de consumo de um motor ciclo Otto genérico.....	49
Figura 48 – Diagrama dente de serra das caixas de mudanças à 4800 rpm. ....	52
Figura 49 - Diagrama dente de serra das caixas de mudanças à 3500 rpm. ....	53
Figura 50 – Torque disponibilizado pelas transmissões.....	54
Figura 51 – Diagrama das forças de tração. ....	55
Figura 52 – Aspectos considerados na caracterização das transmissões.....	57
Figura 53 – Estrutura da Matriz SWOT .....	58
Figura 54 – Mudança de responsabilidade entre motorista e veículo. ....	70

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Relação de transmissão do sistema de engrenagens planetárias.....	42
Tabela 2 – Dados técnicos Honda Fit LX 1.4, 2010.....	46
Tabela 3 – Diferença para o consumo de combustível.....	47
Tabela 4 – Diferença de preços. ....	47
Tabela 5 – Relação de transmissão das caixas de mudanças.....	50
Tabela 6 – Eficiência mecânica para diferentes mecanismos de transmissão.....	51
Tabela 7 – Diferença, em porcentagem, entre as transmissões. ....	53
Tabela 8 – Matriz do câmbio manual. ....	59
Tabela 9 – Matriz para o câmbio automático. ....	60
Tabela 10 – Tabela de priorização das forças.....	61
Tabela 11 – Tabela de priorizações das oportunidades. ....	61
Tabela 12 – Tabela de priorizações das fraquezas. ....	62
Tabela 13 – Tabela de priorizações das ameaças. ....	62
Tabela 14 – Matriz de priorização do câmbio manual. ....	63
Tabela 15 – Matriz de priorização do câmbio automático. ....	63
Tabela 16 – Tabela de relações dos elementos para transmissão manual. ....	63
Tabela 17 – Tabela de relações dos elementos para transmissão automática. ....	64
Tabela 18 – Tabela SWOT cruzada estratégica para câmbio manual. ....	65
Tabela 19 – Tabela SWOT cruzada estratégica para câmbio automático. ....	65
Tabela 20 - Tabela SWOT cruzada de melhorias para câmbio manual. ....	65
Tabela 21 – Tabela SWOT cruzada de melhorias para câmbio automático.....	66

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>11</b>
1.1 OBJETIVOS .....	12
1.1.1 Objetivo Geral .....	12
1.1.2 Objetivos Específicos .....	12
<b>2 TRANSMISSÃO AUTOMOTIVAS: PRINCÍPIOS E FUNCIONALIDADE</b> .....	<b>13</b>
2.1 HISTÓRIA DO AUTOMÓVEL .....	13
2.2 TRANSMISSÃO AUTOMOTIVA .....	14
2.3 TIPO DE CONFIGURAÇÃO PARA TRANSMISSÕES .....	14
2.4 COMPONENTE DE TRANSFERÊNCIA DE TORQUE/POTÊNCIA .....	16
2.4.1 Eixo Articulado .....	17
2.4.2 Diferencial .....	19
2.4.3 Conjunto Embreagem .....	22
2.4.4 Disco de Embreagem .....	25
2.4.5 Platô .....	26
2.5 PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO .....	27
2.5.2 Relação de Transmissão .....	27
2.6 TRANSMISSÃO MANUAL .....	28
2.6.1 Caixa de Mudanças .....	28
2.6.2 Funcionamento da Transmissão Manual .....	30
2.7 TRANSMISSÃO AUTOMÁTICA .....	32
2.8 PRINCIPAIS COMPONENTES .....	33
2.8.1 Conversor de Torque .....	33
2.9 PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO .....	35
2.9.1 Sistema de Engrenagens .....	38
2.9.2 Funcionamento das Engrenagens Planetárias .....	40
<b>3 METODOLOGIA</b> .....	<b>44</b>
<b>4 ANÁLISE TÉCNICA DOS VEÍCULOS</b> .....	<b>46</b>
4.1 DADOS DOS VEÍCULOS .....	46
4.2 ANÁLISE DE DESEMPENHO .....	47
<b>5 ANÁLISE SWOT</b> .....	<b>56</b>
5.1 PROCEDIMENTOS DA ANÁLISE .....	56
5.2 MOTAGEM DA MATRIZ SWOT .....	58

<b>6 ANÁLISE DOS RESULTADOS</b> .....	<b>67</b>
<b>7 CONCLUSÃO</b> .....	<b>71</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>73</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A indústria automotiva tem ampliado suas exigências para o desenvolvimento de tecnologia, intensificando as preocupações e buscas por desenvolvimento de métodos que visam a otimização do desempenho e menor desgastes dos componentes. A performance, eficiência energética, conforto, segurança, durabilidade dos componentes ainda fazem parte dos desafios a serem enfrentados pelos cientistas e engenheiros da área. Além disso, os responsáveis pelo desenvolvimento de produtos precisam estar atentos às exigências dos clientes.

Nos veículos automotores a caixa de transmissão de força é um importante componente do veículo, sendo responsável por transmitir a força gerada pela queima da mistura ar-combustível dentro da câmara de combustão até as rodas. Na indústria do automobilismo são empregadas hoje quatro tipos de transmissões (SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL - SENAI, 2002):

- Transmissão Manual;
- Transmissão Automatizada;
- Transmissão Automática;
- Transmissão Automática do tipo *Continuously Variable Transmission* (CVT).

Cada um desses tipos desempenhará comportamento diferente durante a dinâmica veicular, implicando em aspectos como, consumo de combustível, durabilidade, tempo de resposta do motor às rodas, entre outros (SENAI, 2001 e 2002). Consequentemente existem muitas incertezas por parte dos condutores sobre quais das opções disponíveis hoje no mercado são eficientes e atendem suas necessidades durante a condução.

Este trabalho vai ao encontro dessas exigências propondo apontar as principais diferenças entre duas transmissões automotivas, a manual e automática.

Com isso, foi realizado primeiro uma análise de desempenho entre os dois câmbios. Para isso escolheu-se um modelo de veículo que disponibilize versão com a transmissão manual e automática, a fim de minimizar as divergências que existiriam para veículos diferentes. Juntamente a análise de desempenho foi realizado uma pesquisa de campo com profissionais especializados e familiarizados com essas transmissões, a fim de fortalecer a análise de desempenho e mais informações específicas a respeito dos componentes.

Em se tratando da análise das transmissões verificou-se o comportamento do torque transmitido pelo motor ao passarem pelas caixas de transmissão, bem como o desempenho nas

trocas de marchas, considerando condições de máxima eficiência volumétrica e baixo consumo de combustível, e o diagrama das forças de tração disponíveis para cada uma das marchas.

Por fim, com os todos os dados obtidos e analisados, foi realizado uma análise SWOT e, utilizando os seus conceitos, verificou-se os fatores positivos, negativos relacionados a cada um dos sistemas de transmissão, além de verificar os possíveis cenários a curto, médio e longo prazo que, ambos os sistemas deverão enfrentar e se adaptar.

No que tange a divisão de capítulos este documento está dividido da seguinte maneira: o Tópico 2, constituem a fundamentação teórica contendo os princípios de funcionamento de cada transmissão e a composição das suas estruturas mecânica e seus componentes. O Tópico 3 apresenta a metodologia utilizada para se chegar ao resultado final desse relatório. No Tópico 4, foi feito o levantamento dos dados técnicos do veículo e, com eles, possibilitou realizar a análise de desempenho para cada transmissão. O Tópico 5 apresentou-se o conceito da análise SWOT, suas aplicações e resultados. E por fim, nos Tópicos 6 e 7, contêm as observações dos resultados alcançados e a conclusão do que se espera no uso de ambas as caixas de câmbio.

## 1.1 OBJETIVOS

Salientar as diferenças entre transmissões manuais e automáticas empregadas em veículos automotores.

### 1.1.1 Objetivo Geral

Realizar análise técnica e comparativa de transmissão manual e automática apontando as suas principais características e diferenças.

### 1.1.2 Objetivos Específicos

- Explicar teoricamente o funcionamento de cada transmissão automotiva;
- Comparar caixa manual e automática por meios de cálculos teóricos;
- Realizar análise SWOT;
- Realizar estudo de caso.

## 2 TRANSMISSÃO AUTOMOTIVAS: PRINCÍPIOS E FUNCIONALIDADE

### 2.1 HISTÓRIA DO AUTOMÓVEL

Durante a Revolução Industrial (1760-1840), cientistas e engenheiros buscavam sistemas de motores que pudessem aumentar a capacidade e a agilidade das indústrias. Nesse período a única forma de geração de energia era através do vapor, e foi durante esta revolução que o engenheiro francês Nicolas-Joseph Cugnot desenvolveu o que pode ser considerado, o primeiro automóvel do mundo o *Le Fardier*. Entende-se por automóvel todo veículo que se move por meio de uma forma de propulsão, seja essa a vapor, elétrico ou propulsão interna (ASSOCIAÇÃO DE ENGENHARIA ARQUITETURA E AGRONOMIA DE RIBEIRÃO PRETO - AEAARP, 2016).

Segundo o professor Álvaro Costa Neto, o primeiro motor a combustão interna veio a surgir em 1860, pelo inventor belga, Étienne Lenoir, devido ao barateamento do combustível fóssil na época. Este foi então aprimorado pelo engenheiro alemão Nicolaus Otto em 1876, para um modelo parecido com os atuais (AEAARP, 2016).

Em 1886, Karl Benz, juntamente com uma equipe de técnicos, adaptaram a uma carruagem de cavalos um motor a gasolina de quatro tempos, posteriormente denominada de *Motor Wagen*. Simon (2013), conta que a esposa de Karl, Bertha Benz, usou a máquina criada pelo marido (Figura 1) para realizar uma viagem de 106 quilômetros, sendo essa considerada a primeira realizada por um transporte motorizado.

Figura 1 – Bertha Benz em seu Motor Wage.



Fonte: AEAARP (2016, p. 8).

A atitude da Sra. Benz causou espanto e curiosidade na época, sendo a ocorrência relatada em jornais com manchetes nas primeiras páginas. A partir desses eventos, a indústria automotiva começou a dar seus primeiros passos para a fabricação em massa de automóveis, sendo, hoje, um dos meios de transporte mais utilizado no mundo, existindo mais de 800 milhões de carros ao redor do planeta (HEPTINSTALL, 2013).

Os automóveis podem possuir aspectos e características diferentes entre si, porém os mecanismos responsáveis pelo seu movimento são semelhantes, utilizando dos mesmos princípios e conhecimentos matemáticos e físicos que os envolvem. Existem diversas razões que impedem que os veículos automotores sejam movidos somente pelo motor a combustão (SENAI, 2003), dentre elas pode-se destacar:

- Rotação do motor geralmente é bem mais alta que a das rodas;
- O veículo, em repouso, deve permanecer com o motor ligado;
- Ao desempenhar movimentos ao longo da via, subidas e descidas, o veículo necessita receber as variações do motor entre torque x potência.

## 2.2 TRANSMISSÃO AUTOMOTIVA

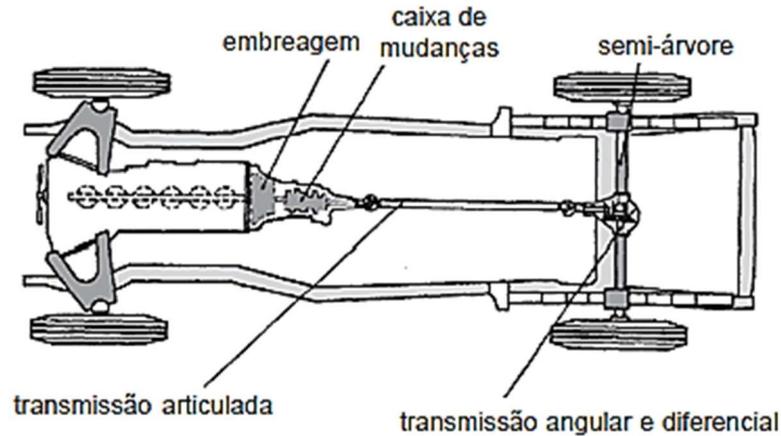
O sistema de transmissão atua como um intermediador entre o motor e as rodas motrizes. É a transmissão que tem a função de transmitir para as rodas motrizes a modificação do torque e da rotação gerada pelo motor em virtude do deslocamento do veículo, que pode ser em baixas, médias ou altas velocidades, inverter o sentido de rotação (marcha a ré) e possibilitar um ponto neutro (SENAI, 2016).

“Transmissão é um conjunto de componentes interligados entre si, capazes de modificar o torque e a rotação do motor, permitindo assim a movimentação do veículo.” (SENAI, 2016, p. 9). Normalmente esse sistema é composto pelos mesmos elementos que obedecem aos princípios físicos que regem na dinâmica veicular. Elas podem ser classificadas a diferentes tipos: Transmissão mecânica, transmissão automatizada e transmissão automática.

## 2.3 TIPO DE CONFIGURAÇÃO PARA TRANSMISSÕES

Das configurações de câmbio, eles podem ser do tipo **não compacta** (Figura 2) e **compacta** (Figura 3)

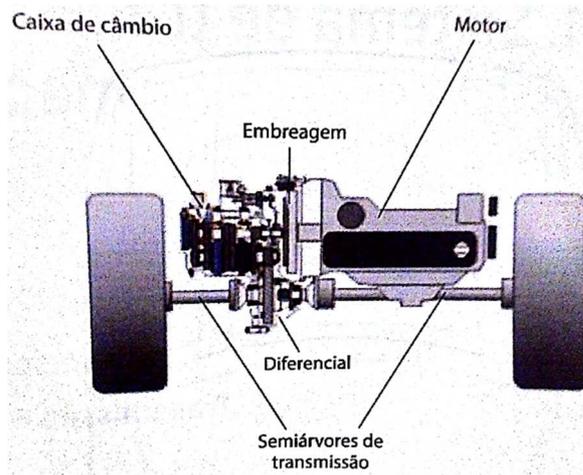
Figura 2 – Sistema de transmissão não compacta



Fonte: SENAI (2003, p. 7).

Na transmissão do tipo **não compacta**, para um câmbio manual, suas marchas são determinadas pelo motorista, por meio de uma alavanca de mudanças. Na automática, as mudanças são realizadas pelo comando automático realizado pelo módulo *Engine Control Unit* (ECU). Igualmente para as duas, a transmissão continua pela transmissão articulada, transmissão angular, diferencial semi-árvores e rodas motrizes.

Figura 3 – Sistema de transmissão compacta

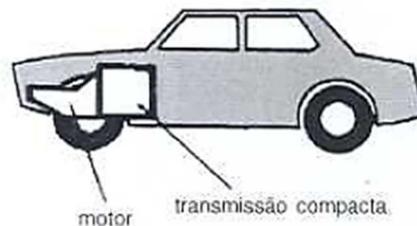


Fonte: SENAI (2016, p. 10).

Já na transmissão **compacta** os procedimentos de mudanças de marchas são similares, porém, tem-se em um só conjunto, motor, embreagem (câmbio manual) ou conversor de torque (câmbio automático), caixa de mudanças e eixo motriz. É um conjunto motopropulsor que dispensa a utilização da transmissão articulada (SENAI, 2001).

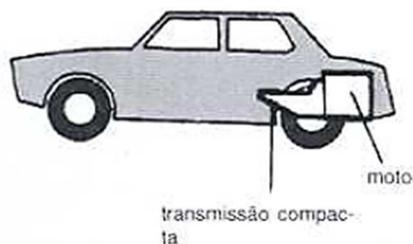
Ainda na configuração compacta, ela pode ser montada tanto na dianteira do veículo (Figura 4), como na traseira (Figura 5).

Figura 4 – Transmissão compacta disposta na região dianteira.



Fonte: SENAI (2001, p. 8).

Figura 5 – Transmissão compacta disposta na região traseira



Fonte: SENAI (2001, p. 8).

Na Figura 2, com a vista esquemática de topo, é possível visualizar o chamado conjunto *powertrain*, que compreende desde o motor, seguido pelo sistema transferidor de energia (embreagem ou conversor de torque), para a caixa de mudanças, continuando pelo diferencial, semi-árvores até as rodas e pneus. (SENAI, 2001).

## 2.4 COMPONENTE DE TRANSFERÊNCIA DE TORQUE/POTÊNCIA

Um sistema de transmissão é composto, basicamente, pelos seguintes componentes: caixa de mudanças, semi-árvores com juntas homo cinéticas, transmissão articulada, transmissão angular e eixo diferencial (SENAI, 2016).

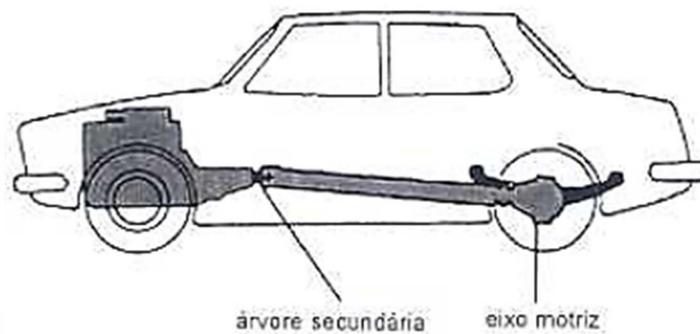
Uma das principais diferenças de componentes entre a transmissão manual e a automática se encontra no primeiro sistema que está conectado ao volante do motor que pode ser o conjunto embreagem para a manual, ou conversor de torque, para automática.

A seguir, serão apresentados os componentes básicos de um sistema de transmissão, dando sequência primária à caixa manual e posteriormente automática.

### 2.4.1 Eixo Articulado

Um dos componentes que compõe uma transmissão automotiva é o eixo articulado (Figura 6). Esse é encarregado de transmitir o movimento da rotação da caixa de mudanças para o eixo motriz. Está localizado sob o veículo, na direção longitudinal (SENAI, 2001). Esse tipo de transmissão é usualmente utilizado no caso da configuração não compacta, ou ainda para veículos que possuem configurações 4x4, onde todas as rodas são tracionadas.

Figura 6 – Disposição da transmissão articulada.



Fonte: SENAI (2001, p. 9).

O eixo articulado é tubular, balanceado e possui em suas extremidades juntas universais (Figura 7). Uma delas está instalada em uma junta deslizante, chamada junta elástica.

Figura 7 – Eixo articulado.



Fonte: SENAI (2001, p. 9)

São essas juntas (Figura 8) que permitem a transmissão da rotação para o eixo motriz, além disso ela possibilita o grau de liberdade ao movimento angular quando o veículo estiver sujeito a variações verticais ao longo da via (SENAI, 2016).

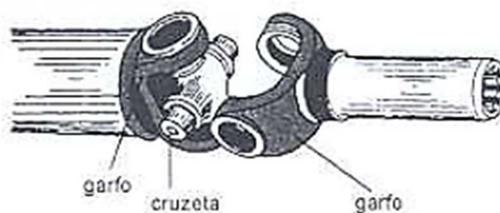
Figura 8 – Juntas universais e elásticas.



Fonte: SENAI (2001, p. 9).

Esse tipo de componente tem a seguinte lógica de funcionamento: A junta permite a transmissão da rotação entre dois eixos, os quais, são ligados entre si por uma cruzeta (Figura 9).

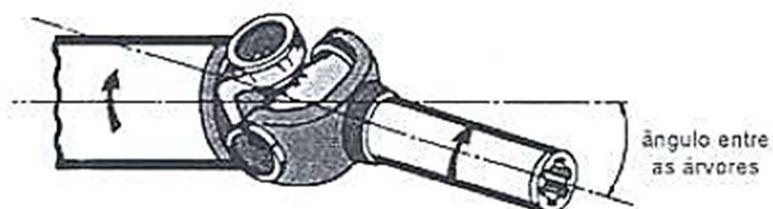
Figura 9 – Configuração da junta.



Fonte: SENAI (2001, p. 10).

O conjunto cruzeta e garfos, um em cada eixo, são aqueles que permitem que a rotação seja transmitida, tanto quando os eixos estão em linha reta, como quando formam um ângulo entre eles (Figura 10) (SENAI, 2001).

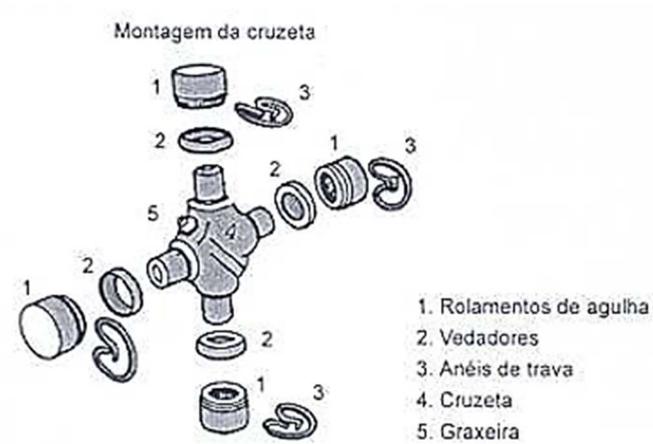
Figura 10 – Variação vertical da junta.



Fonte: SENAI (2001, p. 10).

Para que seja permitido esse livre movimento vertical e ainda tenha uma resistência quanto aos altos ciclos de vida do componente a cruzeta vem assentada em rolamentos de agulhas, lubrificadas com graxas, conforme a Figura 11.

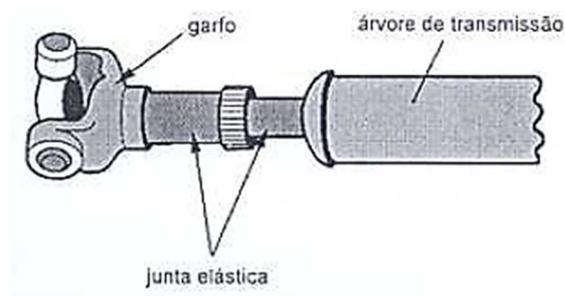
Figura 11 – Montagem da cruzeta.



Fonte: SENAI (2001, p. 11).

“A junta elástica permite compensar a variação da distância entre a caixa de mudanças e o eixo motriz, devido aos movimentos da suspensão.” (SENAI, 2016, p. 68).

Figura 12 – Movimento da junta elástica.



Fonte: SENAI (2016, p. 68)

A árvore de transmissão articulada (Figura 12) deve ser balanceada com o objetivo de garantir que ela gire da mesma forma em toda a sua extensão e evite possíveis vibrações durante a sua rotação de trabalho.

#### 2.4.2 Diferencial

O diferencial é um sistema essencial no fluxo do torque motriz as rodas do veículo. Ele permite que as rodas do veículo possam girar em rotação diferente, uma da outra, comportamento que ocorre quando se realiza uma curva.

Diferencial é um mecanismo que permite ao torque, proveniente da árvore secundária da transmissão, ser dividido em duas partes predeterminadas, fluindo através de dois eixos de saída (semi-ávores); nele, as relações de torque são independente das relações da velocidade para o mesmo eixo (GENTA 2009, p. 505, tradução do autor).

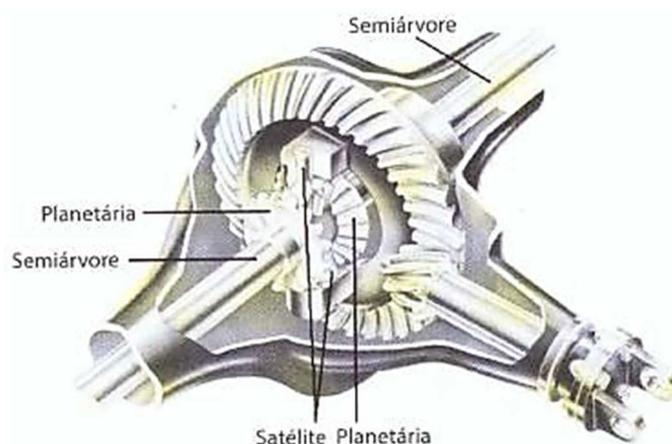
Figura 13 – Condição do veículo ao descrever uma curva



Fonte: SENAI (2016, p. 76).

Em uma curva, como na Figura 13, a roda do lado de dentro da curva se move mais lentamente do que a roda do lado de fora da curva. A caixa diferencial (Figura 14) fica localizada nos eixos de tração do veículo, são nelas onde ficam alojadas as engrenagens planetárias, as quais são paralelas à coroa, já as satélites, que estão a 90° (perpendicular às planetárias).

Figura 14 – Componentes do diferencial.

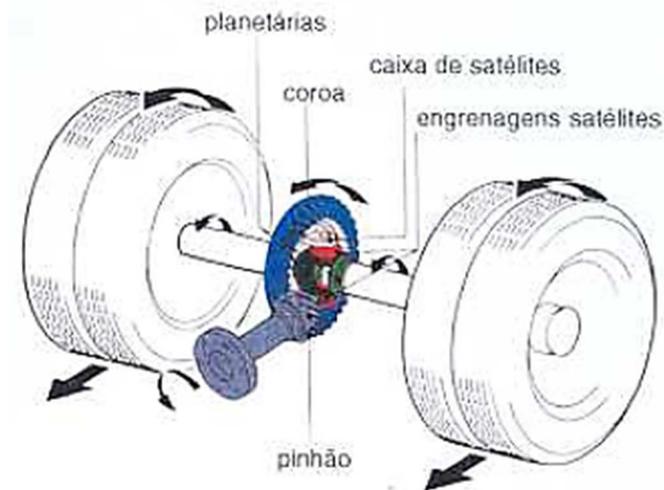


Fonte: SENAI (2016, p. 77).

Funciona da seguinte forma: quando as duas rodas motrizes (de tração) giram a mesma velocidade, nesse caso o veículo está em linha reta, tanto a caixa diferencial, quanto a coroa

giram juntas, porém, as engrenagens satélites funcionam como trava entre as engrenagens planetárias, que também giram a mesma velocidade, conforme Figura 15.

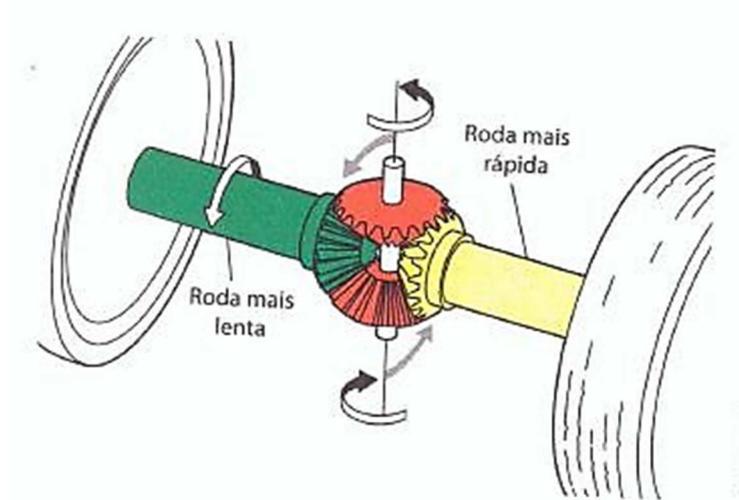
Figura 15 – Comportamento do diferencial em movimento retilíneo.



Fonte: SENAI (2001, p. 45).

Já quando uma das rodas diminui a sua velocidade (realização de uma curva), o conjunto diferencial entra em ação (Figura 16). A engrenagem planetária, ligada a roda mais lenta, gira mais lentamente. Sendo assim, as satélites iniciam o giro sobre o seu eixo, possibilitando a variação da rotação entre as planetárias.

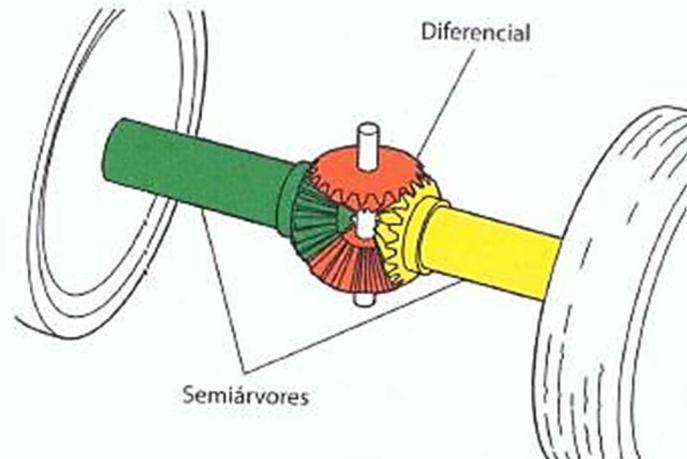
Figura 16 - Funcionamento das engrenagens satélites e planetárias.



Fonte: SENAI (2016, p. 76).

Para evitar que a roda em movimento mais lento seja arrastada pela outra, o eixo motriz é dividido em dois eixos, semi-árvores (Figura 17), ligados entre si pelo diferencial.

Figura 17 – Semi-árvores.



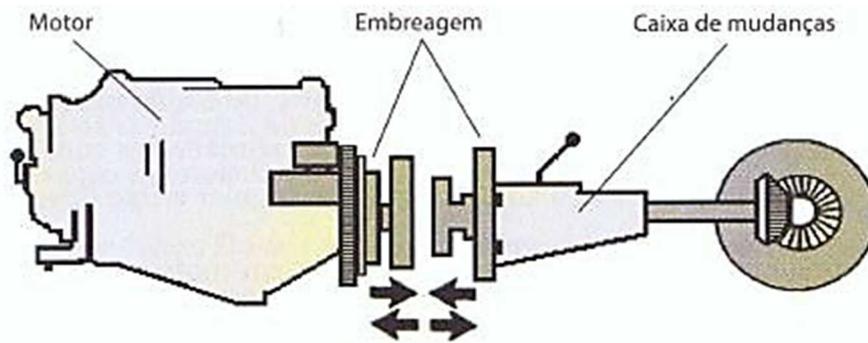
Fonte: SENAI, 2016, p. 77.

### 2.4.3 Conjunto Embreagem

Segundo Genta e Morello (2009), é no conjunto de embreagem onde a fricção é aplicada para transmitir o torque entre as árvores primárias e secundárias. A embreagem é construída com três discos, dois são conectados no virabrequim do motor e, incluso entre essas duas, há outra que está conectada no eixo primário da caixa de mudanças. Esses discos são chamados de disco de embreagem e placa de pressão. A embreagem tem como objetivo:

- Transmitir o torque do virabrequim do motor para o eixo primário da caixa de transmissão, quando acoplados;
- Conectar os dois eixos de forma suave e progressiva (Figura 18), uma vez que eles são sincronizados, de tal forma a transmitir todo o torque proveniente do motor;
- Separar a transmissão do motor, permitindo as trocas de velocidade, além de permitir ao veículo permanecer parado com o motor em funcionamento.

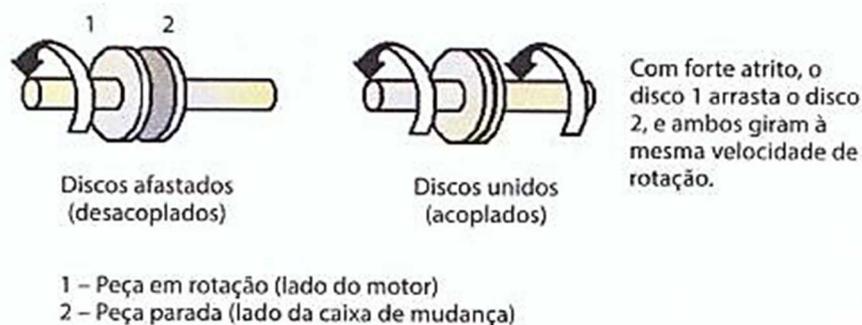
Figura 18 – Posição da embreagem no conjunto motopropulsor



Fonte: SENAI (2016, p. 24)

Com o acionamento do pedal da embreagem a rotação e o torque do motor são mantidos sem que sejam transmitidos para a caixa de mudança, por conseguinte, as rodas não são acionadas. Ao selecionar a marcha e soltar o pedal de embreagem, a ligação dos disco é feita através da compressão do disco de embreagem entre o platô e o volante do motor (Figura 19). O disco deve aderir firmemente para que não ocorra a patinação do mesmo ao receber o torque e a rotação do motor (SENAI, 2016).

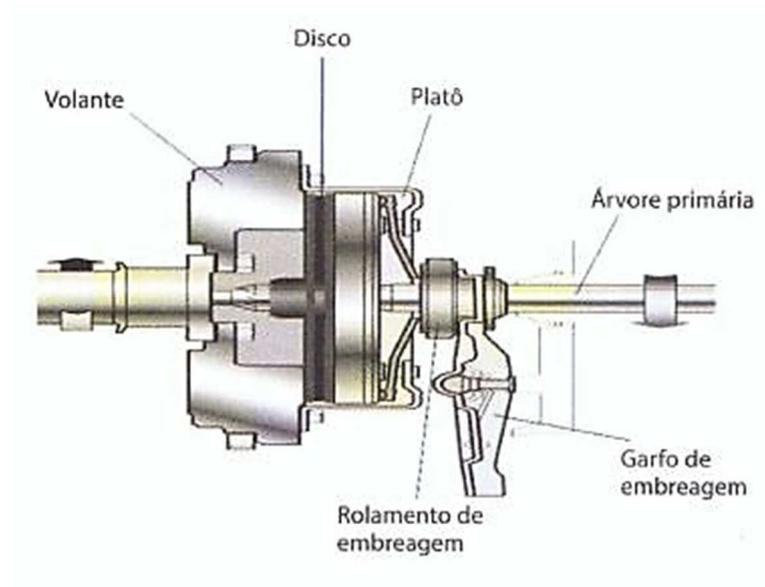
Figura 19 – Acionamento do disco de embreagem.



Fonte: SENAI (2016, p. 24.)

Se a embreagem estiver na sua condição do repouso (Figura 20), nesse momento o platô está comprimindo o disco de embreagem contra o volante.

Figura 20 – Embreagem em repouso.



Fonte: SENAI (2016, p. 25).

Nessa configuração, a rotação e torque são transmitidos para o disco, promovendo o seu movimento e, conseqüentemente, acionando a árvore primária. Nesse momento, o volante do motor, o disco de embreagem e o eixo primária estão girando na mesma velocidade.

Ao acionar o pedal da embreagem (Figura 21), ocorre o afastamento do disco (debreagem), liberando o volante e fazendo com que a rotação e o torque não sejam mais transmitidos para a caixa de mudanças.

Figura 21 – Embreagem acionada.

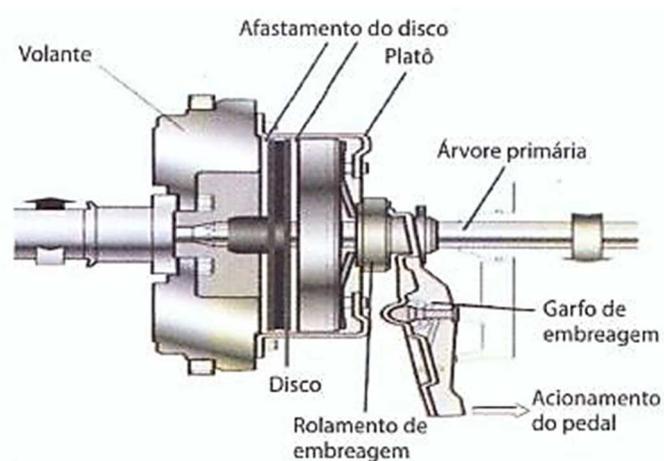


Figura 27 – Embreagem acionada.

Fonte: SENAI (2016, p. 25).

#### 2.4.4 Disco de Embreagem

O disco de embreagem (Figura 22) é o componente composto por alguns discos de aços, esses são montado sobre a árvore primária para que seja permitido o seu desacoplamento do volante do motor. Ela possui como características guarnições de atrito em suas faces, as quais são fixadas por rebites. Essas permitem que o disco adira mais facilmente ao volante e no platô (SENAI, 2016).

Figura 22 – Componentes do disco de embreagem.



Fonte: SENAI (2016, p. 26).

A manga estriada, também conhecida como cubo de embreagem, possui estrias que encaixam no eixo de entrada da caixa de mudanças. As guarnições de atrito, interno e externo, são feitas com discos de material orgânico rebitados, sendo esses os elementos constituídos de revestimento de fricção para facilitar o acoplamento (GENTA, 2009; MORELLO, 2009).

Localizado entre os três discos (Figura 23) se encontram as molas de torção (*cushion*).

Figura 23 – Dispositivos de amortecimento do disco de embreagem.



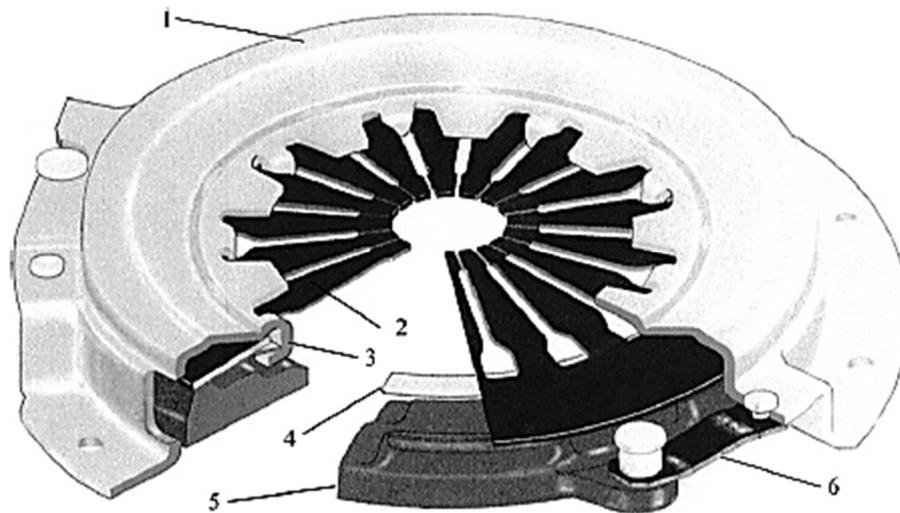
Fonte: Adaptado de SENAI (2016, p. 27).

A função dessas molas é, justamente, reduzir a vibração torcional proveniente do trem de potência (GENTA, 2009; MORELLO 2009).

#### 2.4.5 Platô

O platô é o componente responsável por exercer a carga de acoplamento necessária, entre o disco de embreagem e o volante do motor, conforme Figura 24.

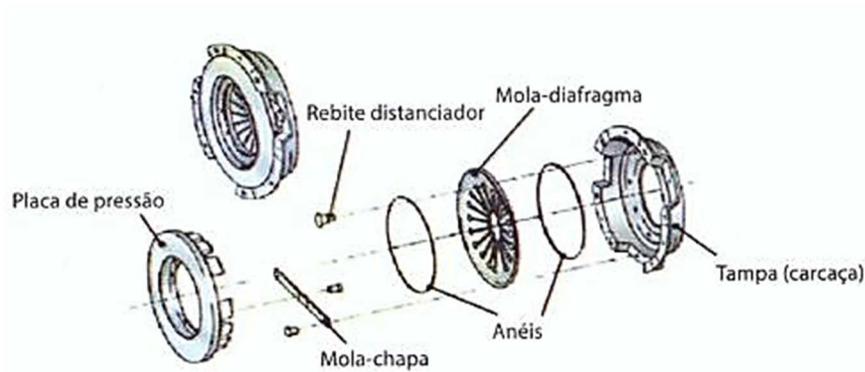
Figura 24 – Vista em corte do platô.



Fonte: Genta e Morello (2009, p. 465).

O conjunto do platô é composto da tampa (1) com função de proteger o conjunto. A mola diafragma (2) é montada entre a placa de pressão e a carcaça, retida por anéis (4) e pelo alojamento (3). Mais abaixo se encontra a placa de pressão (5) e uma mola flexível (6), a qual, é rebitada na tampa e no próprio disco de pressão. Na Figura 25 é possível visualizar os componentes do conjunto platô em uma vista explodida.

Figura 25 – Conjunto de discos do sistema de embreagem



Fonte: SENAI (2016, p. 28).

## 2.5 PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO

As transmissões automotivas têm a função de transmitir os movimentos rotacionais do motor até as rodas motrizes. Para entender como o torque gerado pelo motor alcança as rodas motrizes, aumentando e reduzindo torques e rotações, esse tópico visa apresentar o princípio do funcionamento da transmissão manual e automática e alguns dos seus componentes importantes para o seu funcionamento.

### 2.5.2 Relação de Transmissão

Conhecendo o número de dentes das engrenagens da coroa e pinhão é possível calcular a relação de transmissão, dada pela Equação (3), que determina a rotação e o torque de saída em um sistema de transmissão.

$$i = \frac{\text{n}^\circ \text{ de dentes da engrenagem } \textit{Coroa}}{\text{n}^\circ \text{ de dentes da engrenagem } \textit{Pinhão}} \quad (3)$$

Um sistema onde o número de dentes da engrenagem pinhão é menor do que a coroa, é chamado *reductor* (causa redução de velocidade e aumento do torque). Em contrapartida, para um número de dentes do pinhão maior que o da coroa, provoca uma redução do torque. Essa configuração consiste em um sistema *multiplicador*.

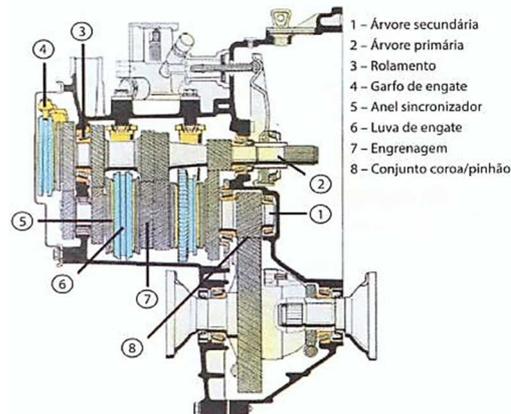
Para um engrenamento onde o número de dentes de ambas engrenagens são iguais, relação de 1:1. é caracterizado como um sistema *Direct Drive*, ou seja, o torque de entrada é o mesmo da saída.

Portanto, as relações de transmissão permitem esclarecer o funcionamento do sistema da caixa de mudanças internamente, ao realizar as diferentes trocas de marchas no veículo e, como isso, obter diferentes comportamentos no veículo.

## 2.6 TRANSMISSÃO MANUAL

Como visto anteriormente, a transmissão manual (Figura 26) é um conjunto de engrenagens ligadas entre si no qual cada dente funciona como uma alavanca, fazendo com que haja alternância de função entre as engrenagens menores e maiores modificando a velocidade ou a tomada de torque (SENAI 2016).

Figura 26 – Vista em corte de uma transmissão mecânica de 5 marchas



Fonte: SENAI (2016, p. 44).

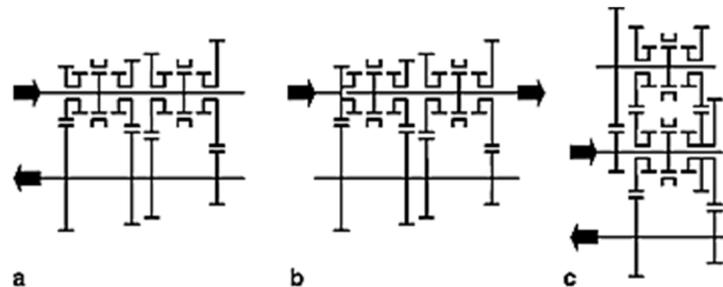
### 2.6.1 Caixa de Mudanças

“A caixa de mudanças possui engrenagens montadas que podem ser selecionadas para trabalhar em conjunto.” (SENAI, 2003, p. 18), é nela que são realizadas as trocas de marchas. Mudando a relação existente entre as engrenagens é possível mudar a necessidade de torque motriz para vencer a resistência e seu movimento, atingindo velocidade maiores. Essa relação permite que o veículo, por exemplo, na primeira marcha transmita o máximo de torque para as rodas, e na última marcha, um torque menor, porém, com velocidade máxima.

As caixas de mudanças podem haver diferentes tipos de configurações de montagens (Figura 27), dentre elas pode-se citar (GENTA,2009; MORELLO, 2009):

- Caixa de mudanças de simples estágio;
- Caixa de mudanças de duplo estágio ou contraposta;
- Caixa de mudanças de múltiplos estágios.

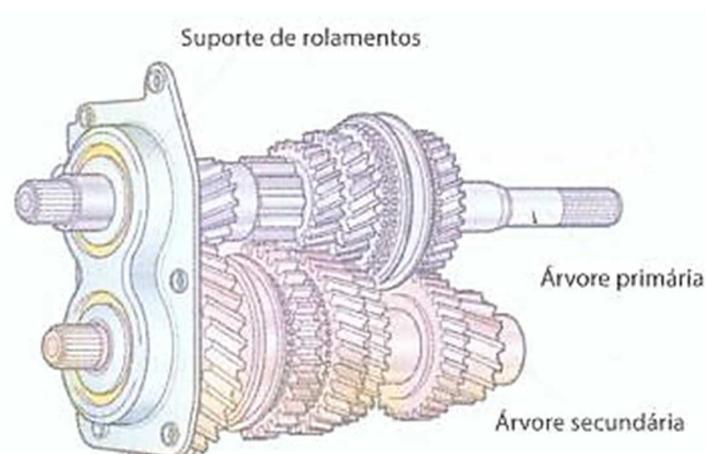
Figura 27 – Diferentes configurações de uma caixa de mudanças de quatro velocidades.



Fonte: Genta e Morello (2009, p. 425).

A escolha das engrenagens (mudança de marchas) é feita por meio de uma alavanca que é acionada pelo motorista, tendo ele o controle sobre a escolha das diversas marchas correspondentes e existentes no veículo. Cada marcha corresponde a uma combinação entre duas engrenagens, uma localizada no eixo primário (árvore primária) e a outra no secundário (árvore secundária) conforme Figura 28. A primeira engrenagem (motora) é responsável por transmitir sua rotação e torque à segunda (movidada) (SENAI, 2016).

Figura 28 – Árvore primária e secundária



Fonte – SENAI (2016, p. 39)

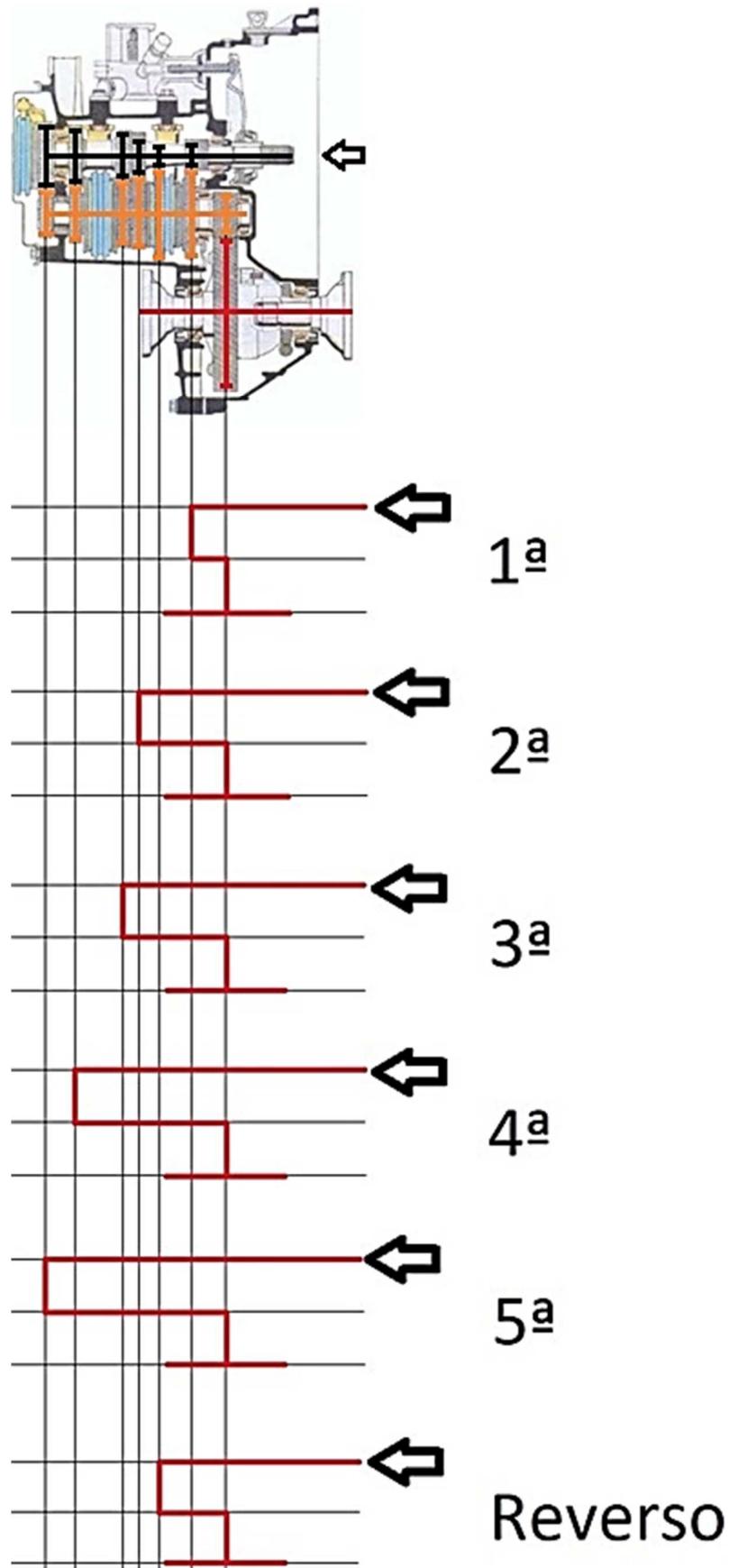
## 2.6.2 Funcionamento da Transmissão Manual

Para cada configuração dispostas nas relações de engrenamento retornam para o sistema diferentes comportamentos, com esses podendo ser:

- **Ponto morto:** O ponto morto permite ao veículo ficar parado sem que o motor deixe de funcionar. Nessa posição a árvore secundária é desligada das demais, fazendo com que a rotação chegue somente até a árvore primária.
- **Primeira velocidade:** É a marcha que disponibiliza uma baixa velocidade, porém, alta força, pois resulta na combinação da menor engrenagem da árvore primária com a maior engrenagem da secundária, caracterizando a redução da velocidade e o aumento do torque motriz.
- **Segunda velocidade:** Compõe uma configuração de engrenagens, onde disponibilizará uma velocidade maior do que a primeira, porém com menor torque motriz. Isso é devido a uma menor redução entre as engrenagens das árvores.
- **Terceira velocidade:** Essa configuração supera a velocidade da segunda, por conseguinte seu torque motriz disponível será menor. Adicionalmente, a sua redução será menor comparado com a segunda marcha.
- **Quarta velocidade:** Seguindo aos padrões e a lógica, essa marcha disponibiliza uma velocidade final maior que a terceira, porém com um torque motriz ainda menor. Geralmente, é a partir da quarta marcha que o veículo começa atingir valores de consumo de combustível menores devido as menores rotações do motor para uma menor abertura da válvula borboleta de admissão de ar.
- **Quinta velocidade:** Nessa marcha o veículo possui a maior disponibilidade de velocidade final (caso seja a última configuração) e o menor torque. As vantagens das últimas velocidades são a suas baixas rotações, baixos consumos de combustível e menor desgaste para o motor.
- **Marcha ré:** A ré, geralmente, é obtida através de uma engrenagem intermediária que inverte o sentido de rotação da árvore. Possui um alto torque, porém atinge baixas velocidades.

A Figura 29 apresenta o fluxo de torque da primeira a marcha reversa de uma caixa de mudanças de estágio simples, representado pela Figura 26.

Figura 29 – Diagrama do fluxo de torque.



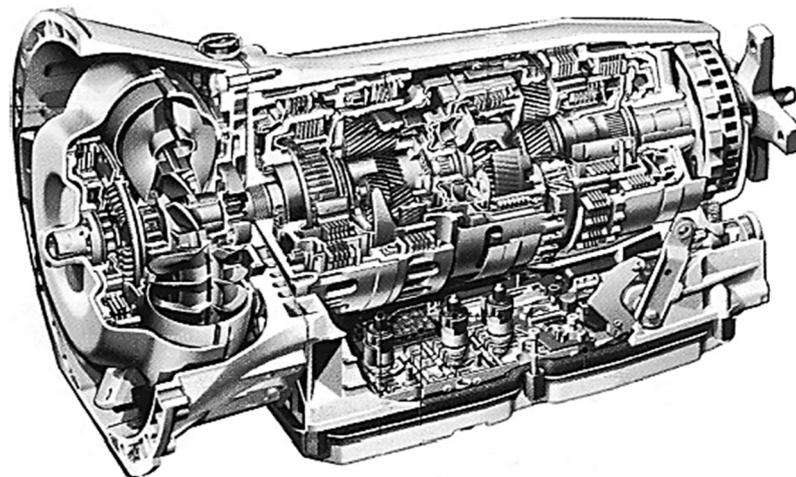
Fonte: Autor (2018).

## 2.7 TRANSMISSÃO AUTOMÁTICA

Em uma transmissão automática (Figura 30) o conjunto de transferência da rotação e torque motriz até as rodas são mantidas, porém o sistema utilizado para transmitir o torque e a rotação provenientes do motor, bem como o próprio layout interno da caixa de mudanças, possui suas diferenças em comparação com a caixa mecânica e a mecânica automatizada (SENAI, 2002).

O objetivo da caixa automática é voltada para o conforto na dirigibilidade, com maior foco em veículos de família. O seu uso no mercado mundial tem se intensificado, principalmente em veículos de porte médios (luxos e *Sport Utility Vehicle* - SUV) e, em alguns casos, nos esportivos, visto que as expectativas dos clientes estão se voltando mais para o desempenho, economia e dirigibilidade, do que pelo conforto. Em contrapartida, atenções quanto emissões de poluentes somado a conservação de energia não podem ser deixados de lado, o que torna as necessidades do cliente um desafio no projeto veicular (GENTA, 2009; MORELLO, 2009).

Figura 30 – Esquema de uma transmissão automática de 7 marchas da Mercedes.



Fonte: Genta e Morello (2009, p. 565).

Apesar da sua complexidade, o câmbio automático vem passando por diversas otimizações possibilitando o desenvolvimento de novos sistemas, como transmissão CVT. Essas melhorias possibilitam ao câmbio automático obter algumas vantagens em comparação com a manual, como:

- Redução do estresse do motorista e, conseqüentemente, aumentando a segurança e o conforto ao dirigir;
- Mudança de marcha mais precisa;
- Mudanças mais inteligentes devido às otimizações dos dispositivos eletrônicos, permitindo diminuir a diferença do consumo de combustível com relação a mecânica, podendo obter valores melhores.

## 2.8 PRINCIPAIS COMPONENTES

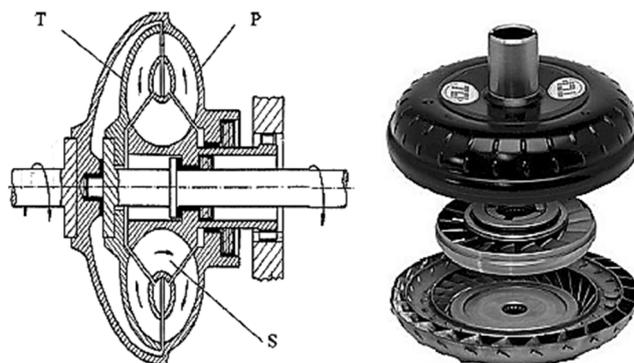
As transmissões automáticas, atualmente, possuem caixas de mudanças que oferecem configurações que variam de quatro velocidades até valores superiores a sete. Uma das características mecânicas desse tipo de transmissão é o uso de conjuntos redutores planetários.

A substituição do conjunto do disco de embreagem pelos conversores e sistemas de atuadores hidráulicos e eletrônicos que auxiliam nas trocas de marcha sem a necessidade do acionamento pelo motorista (LECHNER, 1999).

### 2.8.1 Conversor de Torque

O conversor de torque, Figura 31, é um mecanismo hidráulico que permite que dois eixos sejam conectados. Diferentemente da transmissão mecânica, não existe uma ligação positiva entre os dois eixos. A relação de transmissão é determinada pela inercia proveniente do fluxo de óleo entre a uma bomba e turbina hidráulica. Logo, isso possibilita que o motor esteja em funcionamento mesmo que o eixo de transmissão motriz fique estático.

Figura 31 – Representação do conversor de torque.

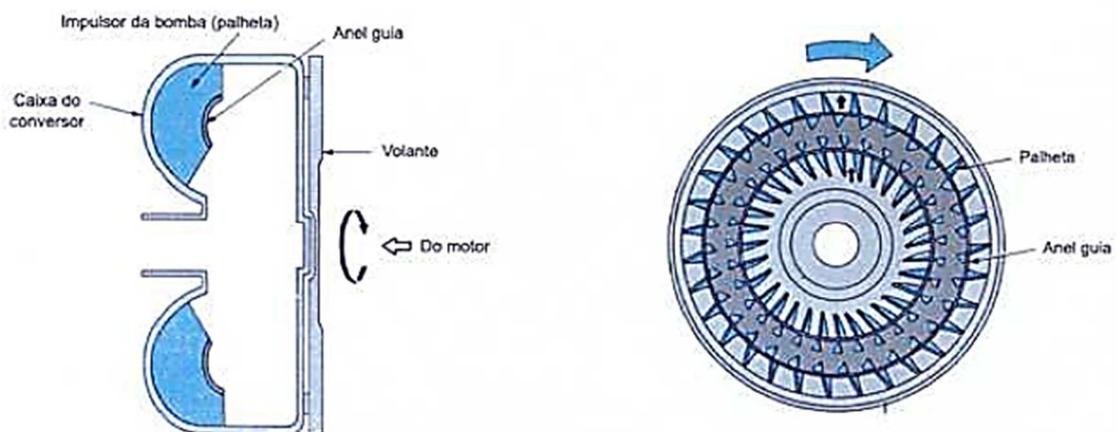


Fonte: Genta e Morello (2009, p. 476).

O mecanismo consiste na caixa do conversor que contém os seguintes componentes: um impulsor da bomba (P), que é movido pela árvore de manivelas do volante do motor; o rotor da turbina (T), que é conectada ao eixo de entrada da transmissão; o estator (S), que é fixado à caixa da transmissão através de uma embreagem unidirecional e o eixo estator.

O conversor é preenchido com um fluido que, com o movimento da bomba, Figura 32, e graças as inúmeras pás curvadas montadas radialmente em seu interior, promove ao óleo um fluxo inercial responsável por movimentar a turbina. (SENAI, 2002).

Figura 32 – Impulsor da bomba.



Fonte: SENAI (2002, p. 8).

No rotor da turbina, Figura 33, também existem pás, porém a sua curvatura se encontra na direção oposta ao da bomba e com uma folga relativamente pequena entre elas. Esse mecanismo é instalado no eixo que leva a rotação e o torque para a caixa de transmissão.

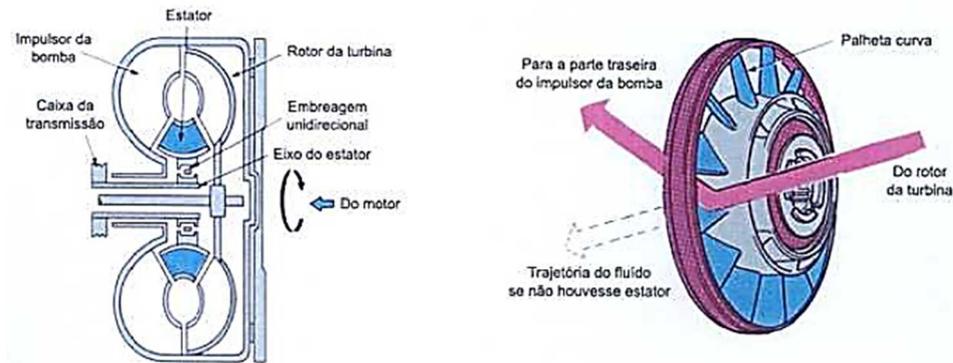
Figura 33 – Rotor da turbina.



Fonte: SENAI (2002, p. 9)

O estator, Figura 34, está localizado entre a bomba e a turbina. Ele se encontra montado no eixo do estator.

Figura 34 – Esquema do estator.



Fonte: SENAI (2002, p. 9).

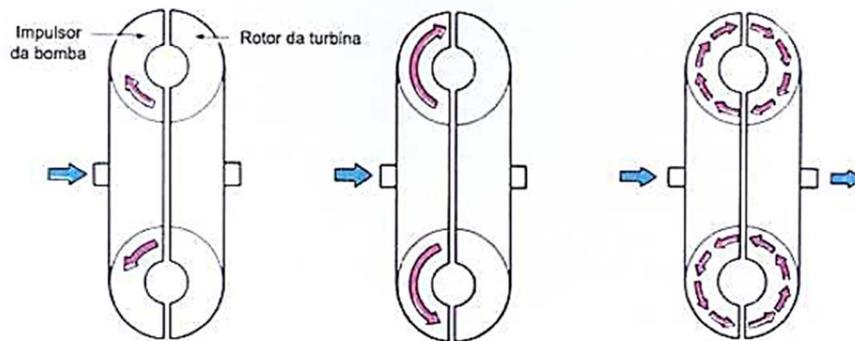
A função da embreagem unidimensional é permitir ao estator rotacionar na mesma direção que o volante do motor. Por conseguinte, caso surja uma força que tente imprimir ao estator um movimento no sentido contrário, essa embreagem atua, impedindo que o mesmo execute o rolamento na direção oposta.

## 2.9 PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO

A transmissão de torque e potência, gerada pelo motor, em um sistema de transmissão automática, funciona da seguinte forma: quando a bomba, conectada ao volante do motor, realiza a rotação, o fluido dentro do conjunto gira na mesma direção. Com o aumento da rotação do motor faz gerar um gradiente de força centrípeta que impele ao óleo mover-se do centro do impulsor para as suas periferias e, posteriormente, lançando-o para o outro lado do conjunto.

Nesse momento o fluido atinge as pás da turbina, fazendo com que o rotor execute a sua rotação na mesma direção. Após a realização da dissipação de energia e a transferência da inércia rotacional, o fluxo segue em direção ao centro do rotor da turbina, que graças a sua superfície interna curvada, promove fluxo de retorno a bomba mantendo o ciclo conforme a Figura 35. (SENAI, 2002).

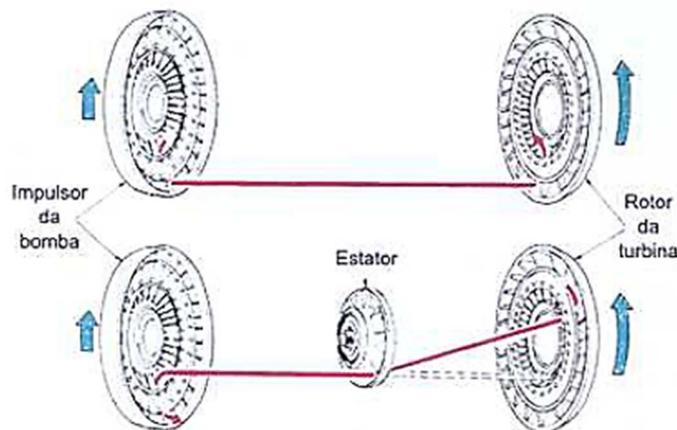
Figura 35 – Princípio de funcionamento do conversor de torque.



Fonte: SENAI (2002, p. 10).

No meio desse processo cíclico o estator entra em ação, Figura 36. Essa componente coleta o fluido assim que o impulsor entra em movimento e tem como objetivo redirecionar o sentido do fluxo do fluido que está sendo transmitido pela turbina, de modo a não atrapalhar o próprio fluxo proveniente da bomba, tornando-o um fluxo positivo.

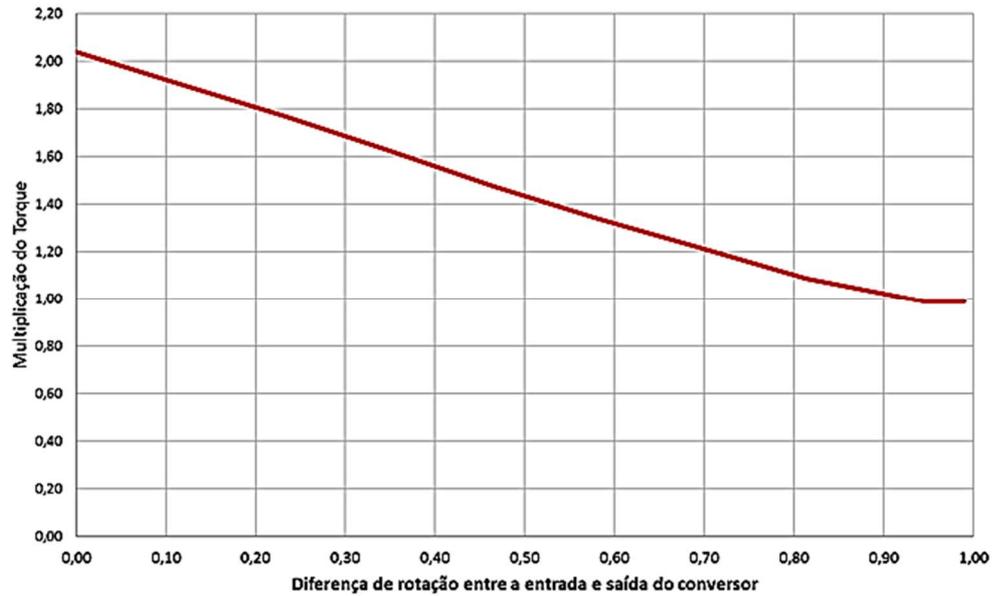
Figura 36 – Funcionamento do estator.



Fonte: SENAI (2002, p. 10).

Como resultado ocasiona um impulso adicional a bomba gerando uma multiplicação de torque, a Figura 37 ilustra um exemplo da curva de multiplicação de um conversor de torque.

Figura 37 – Curva de multiplicação de torque de um conversor de torque.

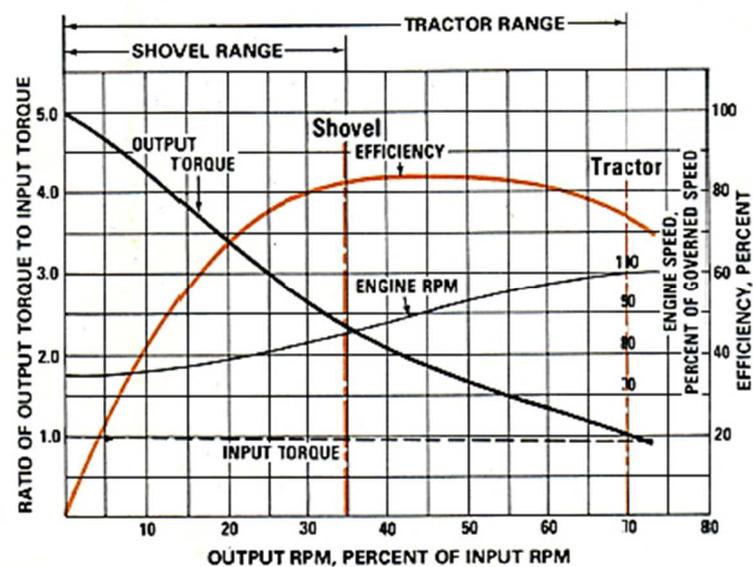


Fonte: Hoffmann (2017).

Como uma forma de minimizar os efeitos de perda de eficiência do conversor de torque, criou-se o sistema “Lock-up Clutch” como solução para evitar a queda do torque na saída do conversor e acopla-lo diretamente através de uma embreagem (seca ou molhada).

O acoplamento (embreagem-motor) ocorre no ponto em que o torque entre a turbina e a bomba são iguais. Com isso, o contato e a transferência de torque passam a ser através da fricção, contribuindo para uma melhor eficiência do sistema.

Figura 38 – Eficiência de um conversor de torque padrão.

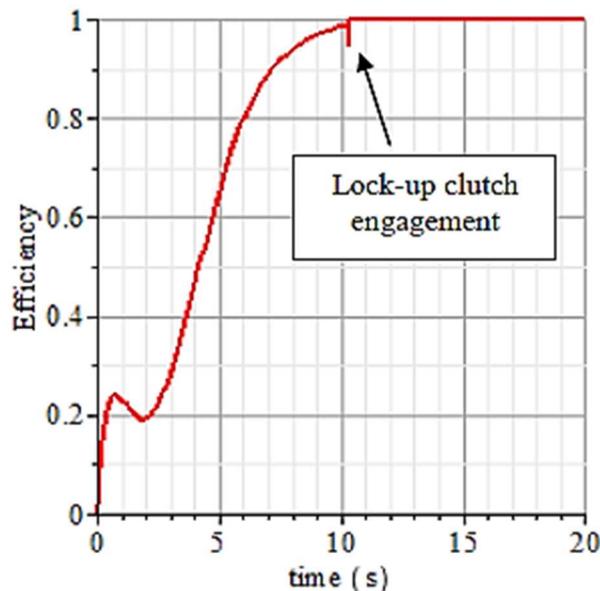


Fonte: J & M Clutch and Converter (2013).

A Figura 38, apresenta o comportamento de um conversor de torque típico. A sua eficiência varia conforme a variação da rotação de saída se aproxima da rotação de entrada. É possível notar que, quando a eficiência atinge aproximadamente 85%, e as rotações se aproximam de igualarem as suas velocidades, o rendimento do conversor começa a decrescer.

Segundo Sundén (2016), à medida que a velocidade da turbina aumenta, o ângulo do fluxo entre o estator e a turbina também muda. Em um certo ponto, tipicamente quando a eficiência atinge 85%, o fluxo começa a impactar o lado de trás das pás do estator. Neste ponto, os componentes começam a girar na mesma direção. Essa taxa de velocidade, na qual essa transição ocorre, é chamada de *ponto de acoplamento*, e nesse momento o conversor não é mais capaz de fornecer à amplificação de torque.

Figura 39 - Eficiência de um sistema Lock-up Clutch.



Fonte: Adibi (2012, p. 5).

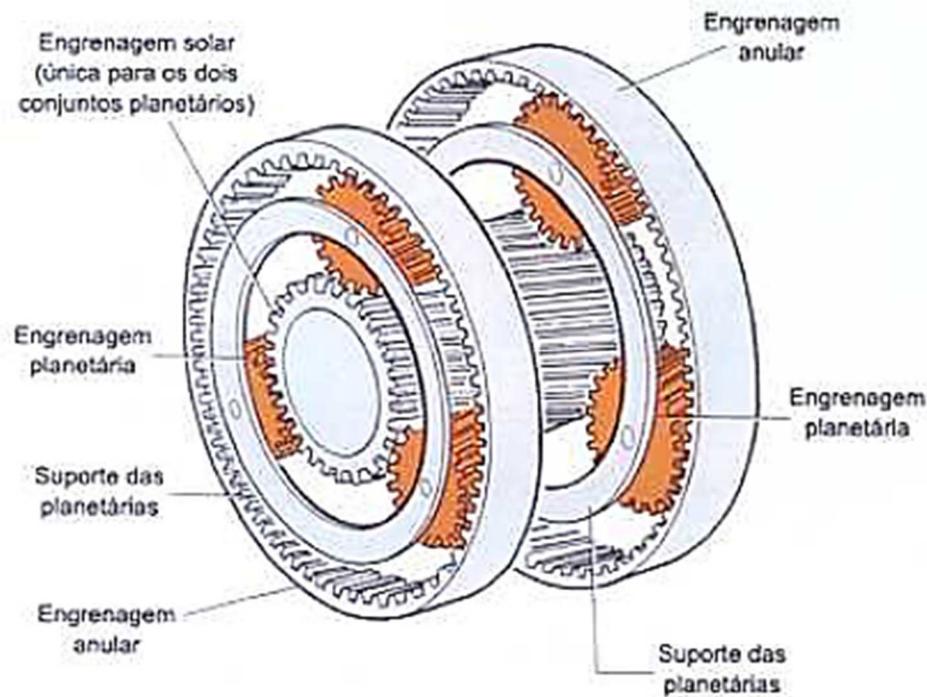
Na Figura 39, ilustra a eficiência de um conversor de torque com um sistema “Lock-up Clutch”, e o ponto do seu acoplamento ocorre quando as velocidades da bomba, turbina e estator se igualam.

### 2.9.1 Sistema de Engrenagens

As unidades de engrenagens planetárias (Figura 40) são feitas de ligas de alumínio. Elas se encontram alojadas no interior da caixa de transmissão. Estas unidades são responsáveis

por transmitir a rotação e o torque ao eixo motriz final. Essa unidade é constituída de engrenagens planetárias – responsáveis por alterar a rotação de saída – embreagens e freio, os quais são acionados por pressão hidráulica possibilitando a regulação do funcionamento das engrenagens planetárias; eixos para transmitir a potência do motor e conjuntos de mancais de rolamentos que garantirão ao sistema uma rotação suave nos eixos.

Figura 40 – Conjunto de engrenagens planetárias.



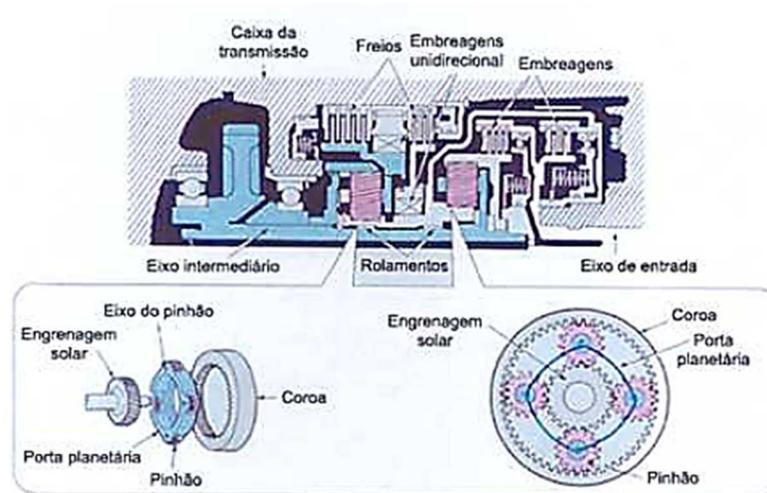
Fonte: SENAI (2002, p. 13.)

Esse sistema possui as seguintes funções:

- Garantir as relações de marchas necessárias para que se obtenha a quantidade de torque necessária a ser transmitido;
- Possibilitar a reversão do movimento (marcha ré);
- Permitir uma posição de marcha neutra (ponto morto), fazendo com que o motor gire em marcha lenta enquanto o veículo permanecer parado.

O conjunto de engrenagens planetárias (Figura 41) é constituída de três tipos de engrenagens fundamentais para que essas funções possam ser executadas, que são a coroa, a engrenagem solar, os pinhões, e um porta planetário onde são montados os eixos dos pinhões.

Figura 41 – Engrenagens planetárias.



Fonte: SENAI (2002, p. 14).

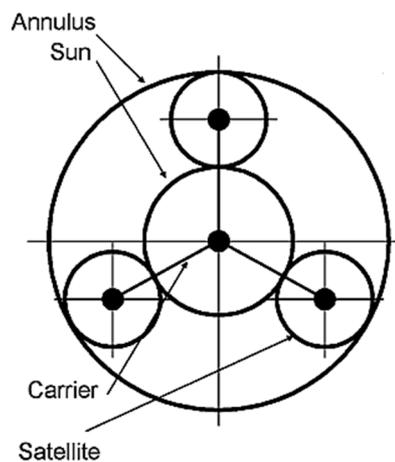
### 2.9.2 Funcionamento das Engrenagens Planetárias

Segundo Nice (2018), o conjunto de engrenagens planetárias, ou engrenagens epicycloidais, são compostas de três componentes principais:

- Engrenagem solar;
- Engrenagem planetária e o porta planeta;
- Engrenagem anelar.

Cada uma dessas três componentes pode receber a entrada e saída de torque, além de permanecer estacionário enquanto os outros componentes se movimentam.

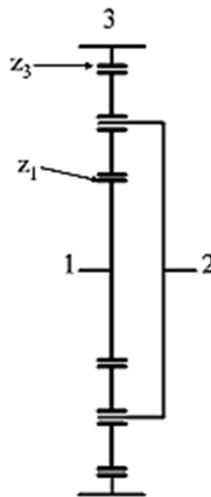
Figura 42 – Visão esquemática de um sistema de engrenagens planetárias.



Fonte: Genta e Morello (2009, p. 556).

Em sua linha de transmissão principal têm-se a engrenagem anelar (*annulus*) que possui os seus dentes dispostos de forma interna, e uma outra engrenagem, chamada solar (*sun*), alocada concentricamente à anterior. Essas duas engrenagens estão engrenadas a outras três no caso da Figura 42, chamadas de satélites (satélites), cujas são suportadas por um eixo, montadas em uma estrutura rotativa de forma coaxial à solar. Essa estrutura é nomeada porta planeta (*carrier*). A leitura das relações de engrenamento são feitas de forma diferente a de uma caixa manual, um esquema simplificado do sistema planetário pode ser visualizado na Figura 43.

Figura 43 – Vista simplificada do conjunto planetário.



Fonte: Genta e Morello (2009, p. 556).

Na Figura 43 o número 1 é o eixo solar, o 2 o porta planeta (acoplado às engrenagens planetárias) e o 3 representa o eixo anelar. Além desses, têm o  $z_1$ , referente ao número de dentes da engrenagem solar, e o  $z_3$  referente a anelar.

As relações de transmissão, apresentadas na Tabela 1, estão ligadas diretamente com a entrada e saída de torque e o ponto fixo do sistema.

Este sistema apresenta três graus de liberdade, o que possibilita transmitir um torque de uma entrada para um elemento de saída, sendo o terceiro componente acoplado ao eixo ligado ao conversor de torque. Para um conjunto desse tipo é possível obter seis tipos de relações de engrenamento (Tabela 1). Porém, nem todas essas relações podem ser utilizadas para um único conjunto, isso se deve a dificuldade de um mesmo elemento trabalhar como o transmissor de entrada e saída de carga para o mesmo mecanismo. Contudo, na prática, duas razões de transmissões podem ser obtidas, uma reduzida e uma *Direct Drive* (tomada direta).

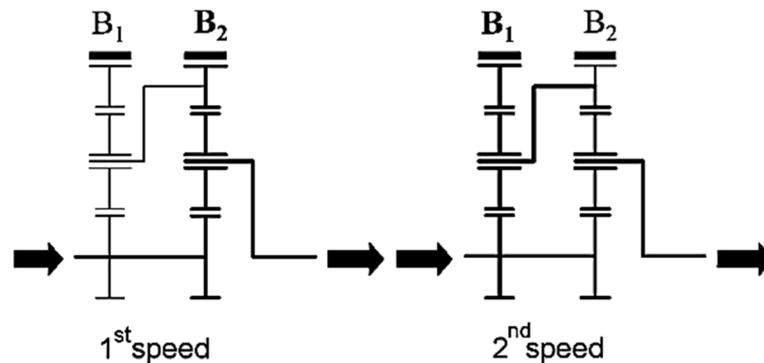
Tabela 1 – Relação de transmissão do sistema de engrenagens planetárias.

Entrada	Saída	Fixo	Relação
1	3	2	$i = \frac{-Z_3}{Z_1}$
3	1	2	$i = \frac{-Z_1}{Z_3}$
1	2	3	$i = 1 + \frac{Z_3}{Z_1}$
2	1	3	$i = \frac{1}{1 + \frac{Z_3}{Z_1}}$
2	3	1	$i = \frac{1}{1 + \frac{Z_1}{Z_3}}$
3	2	1	$i = 1 + \frac{Z_1}{Z_3}$

Fonte: Genta e Morello (2009, p. 556).

Para se obter um maior número de razões de transmissões mais de um conjunto de planetária podem ser combinadas. Uma das soluções é coloca-las em série (Figura 44), onde cada uma das engrenagens pode transmitir uma relação sozinha, ou através de combinações entre os conjuntos.

Figura 44 – Vista esquemática de uma caixa epicycloidal de Wilson.



Fonte: Genta e Morello (2009, p. 557).

No exemplo da Figura 44, é composto por dois sistemas de caixas epicycloidais,  $B_1$  e  $B_2$  que são pequenos freio utilizados para estacionar as anelares. Nesse mecanismo as duas são combinadas de maneira que o porta planeta do primeiro conjunto está fixado ao anel do segundo. Se o freio  $B_1$  for acionado, obtêm-se a primeira marcha, acionando  $B_2$  impulsiona outra relação, atingindo a segunda marcha. Uma terceira condição é possível, freando  $B_1$  e  $B_2$  juntos, obtendo assim, uma tomada direta (GENTA, 2009; MORELLO, 2009).

O sistema de caixas planetárias segue ideias similares aquela da Figura 44, nesses sistemas com freios é, ainda, possível encontrar também um sistema utilizando disco de embreagens para auxiliar no redirecionamento do torque para cada uma das engrenagens que fazem parte do conjunto epicicloidal.

### 3 METODOLOGIA

A pesquisa é definida como uma análise teórica baseada em um estudo de caso. Ela é composta por um conjunto de referências técnicas com dados provenientes dos próprios desenvolvedores do produto. Adicionalmente, coletou-se opiniões de profissionais da área, a fim de buscar informações onde, por meio das suas experiências nesse campo de trabalho, pôde-se chegar a conclusões de valores quantitativos e qualitativos próximo dos ideais.

O procedimento de pesquisa deste trabalho faz uso da abordagem qualitativa e quantitativa, visando esclarecer as definições sobre as transmissões a serem analisadas, mediante coleta e comparação de dados.

Nas premissas iniciais definiram os dois tipos de transmissões automotivas a serem comparadas, nesse caso a manual e automática convencional. Para isso, optou-se por usar o veículo Honda Fit, versão LX 2010, com motor de 1.4 litros (1339 cilindradas). Nessa versão, estão disponíveis para compra o modelo com câmbio manual e automático.

Tendo em vista o objetivo desse estudo de caso, a escolha de um automóvel do mesmo modelo e versão visa minimizar os efeitos e divergências de dados que poderiam haver no caso de carros de diferentes marcas.

Para a análise técnica quantitativa foram extraídas informações como:

- Potência e torque do motor;
- Relações de engrenamento de ambas as transmissões;
- Níveis de ruído da transmissão;
- Consumo de combustível;
- Valores para modelos novos e usados;

Com esses conteúdos, e o auxílio das ferramentas *EXCEL* e *MATLAB*<sup>®</sup>, foi possível obter variáveis necessárias para uma análise técnica.

Entretanto, para não se limitar aos dados provenientes da ficha técnica do veículo, foi realizado uma visita técnica à concessionária da própria marca do veículo e, com o questionário do Apêndice A, foram feitas algumas perguntas a respeito das transmissões utilizadas pela montadora, o seu funcionamento e perspectivas futuras, para o uso de ambas.

Por fim, todas as informações e materiais foram compilados e utilizados como fonte de dados para realizar o processo de comparação técnica utilizando uma análise SWOT, de formar a expor os pontos positivos e negativos entre os componentes analisados. Além disso,

essa análise permitiu realizar provisões com relação a possíveis cenários de acordo com as tendências tecnológicas futuras, e verificar se essas foram fatores favoráveis ou desfavoráveis para cada um desses sistemas para um cenário atual e futuro.

## 4 ANÁLISE TÉCNICA DOS VEÍCULOS

Para o início das análises foi feito a escolha de um veículo de mesma marca, modelo e que disponibilizasse as duas transmissões (manual e automática). A análise técnica visa identificar as diferenças como: peso, preço, velocidades máximas, entre outros, disponibilizadas pela montadora, para que possam verificar as suas interferências no comportamento do veículo.

### 4.1 DADOS DOS VEÍCULOS

No primeiro momento do estudo foi escolhido o veículo Honda Fit LX 1.4 L, ano de 2010, e coletado suas informações técnicas (Tabela 2) do manual técnico/manutenção do próprio automóvel.

Tabela 2 – Dados técnicos Honda Fit LX 1.4, 2010

<b>Transmissão</b>	<b>Manual</b>	<b>Automática</b>
<b>Cilindrada [cm<sup>3</sup>]</b>	1339	1339
<b>Peso [Kg]:</b>	1080	1113
<b>Capacidade Tanque [L]</b>	42	42
<b>Potência máxima (à 6000 rpm) [cv]</b>	101	101
<b>Torque máxima (à 4800 rpm) [kgfm]</b>	13	13
<b>Nível de Ruído Transmissão [dB]</b>	81,8	83,2
<b>Velocidade Máxima [Km/h]</b>	165	160
<b>Tempo de 0-100 Km/h [s]</b>	13,1	14,5

Fonte: Honda Automóveis do Brasil (2018).

Utilizando o manual de serviços disponível para os proprietários e clientes que têm interesse sobre o veículo, são possíveis verificar algumas conclusões das diferenças entre os dois câmbios. Primeiro, verifica-se que o peso do carro com transmissão automática é cerca de 2,96% mais pesado que manual. Por menor que seja essa diferença pode trazer distinções quanto à condução e consumo, que será retratada posteriormente.

Ainda na Tabela 2, têm-se os valores diferenciais entre as velocidades máximas e o tempo de 0-100 Km/h, que giram em torno de 3,03% e 9,66%, respectivamente.

Um dos principais fatores a serem considerados é a diferença no consumo (Tabela 3) entre as transmissões.

Tabela 3 – Diferença para o consumo de combustível.

Transmissão	Consumo [Km/l]			
	Urbano		Rodoviário	
	Álcool	Gasolina	Álcool	Gasolina
<b>Manual</b>	7,60	11,40	8,70	13,20
<b>Automática</b>	7,10	10,80	8,40	12,90

Fonte: Honda Automóveis do Brasil (2018).

Para um ciclo urbano o automático tem um consumo de 6,58% superior a álcool, e 5,26% para gasolina. Em um circuito rodoviário há uma redução nesses valores, caindo para 3,45% no uso do álcool e 2,27% na gasolina.

No quesito de custo e valores dos preços do veículo também há diferença entre os modelos, explícitas na Tabela 4, segundo a Fundação Instituto de Pesquisas Econômicas (FIPE).

Tabela 4 – Diferença de preços.

Tabela de Preços		
Transmissão	Manual	Automática
<b>Novo (0 km)</b>	R\$ 51.596,00	R\$ 54.615,00
<b>Usado (2018)</b>	R\$ 30.412,00	R\$ 33.803,00
<b>Desvalorização</b>	41%	38%

Fonte: Fundação Instituto de Pesquisas Econômicas (2018)

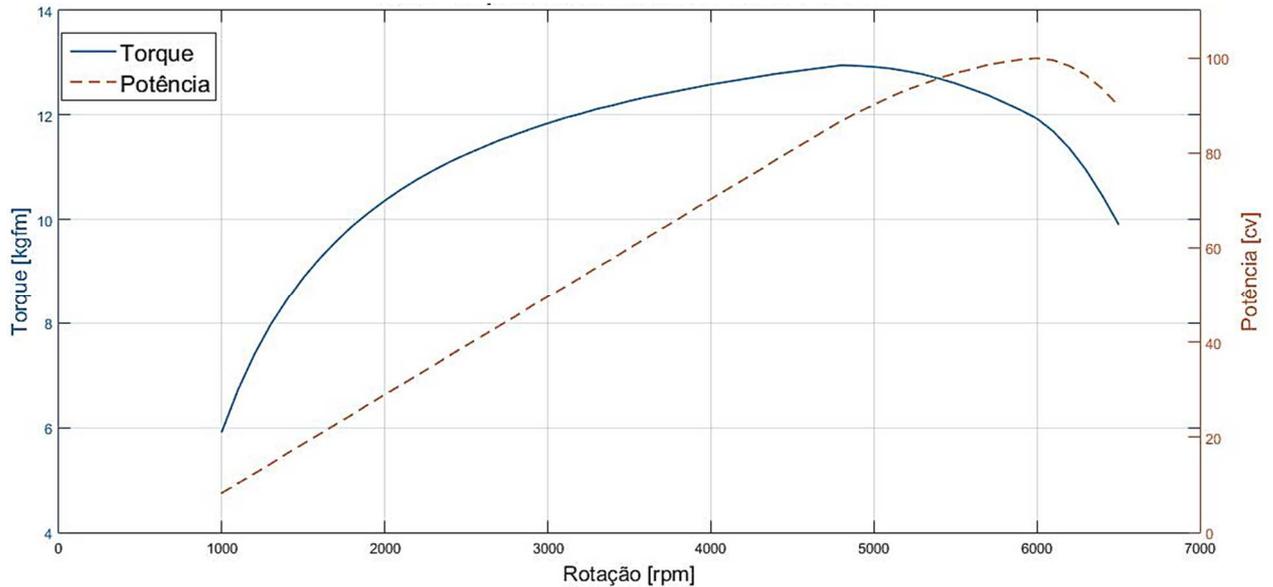
Segundo o histórico da Tabela FIPE, em um modelo 0 Km (novo) um veículo com câmbio automático representa um valor adicional de R\$ 3.019,00 em relação ao manual. Para usado essa diferença ainda se mantém próxima, sendo representada por um valor de R\$ 3.391,00. A diferença entre os preços é justificada pelo fato da complexidade que envolve um câmbio automático, visto que, na sua composição, não existem somente um conjunto de engrenagens para a transição mecânica, mas também um acervo de atuadores (hidráulicos/eletrônicos), sistemas que exigem alto controle em automação, tendo a ECU um dos responsáveis por fazer a troca de velocidades no momento ideal.

#### 4.2 ANÁLISE DE DESEMPENHO

Para realizar uma análise de desempenho para cada uma das caixas de transmissão, deve-se conhecer a potência e o torque disponível pelo motor, antes de chegar a transmissão.

Para o motor SOHC i-VTEC a curva de torque/potência, traçados na Figura 45, foram obtidos no catálogo de automóveis Honda Brasil 2010-2018 (ZAL, 2018).

Figura 45 – Curva de torque/potência motor SOHC i-VTEC 1.4L.



Fonte: Autor (2018).

O gráfico apresenta os valores nas unidades padrões divulgados pelas próprias montadoras, encontradas na ficha técnica como na Tabela 1. No *eixo y* têm-se o torque em quilogramas-força-metro (kgfm) enquanto a potência apresenta seus valores em cavalos a vapor (cv), no *eixo x*, a rotação está em rotações por minuto (rpm).

Analisando-o é possível identificar os pontos ótimos de cada uma das curvas, onde, para a potência, o seu valor máximo se encontra a 6000 rpm, e no torque, o seu valor máximo se encontra na faixa dos 4800 rpm.

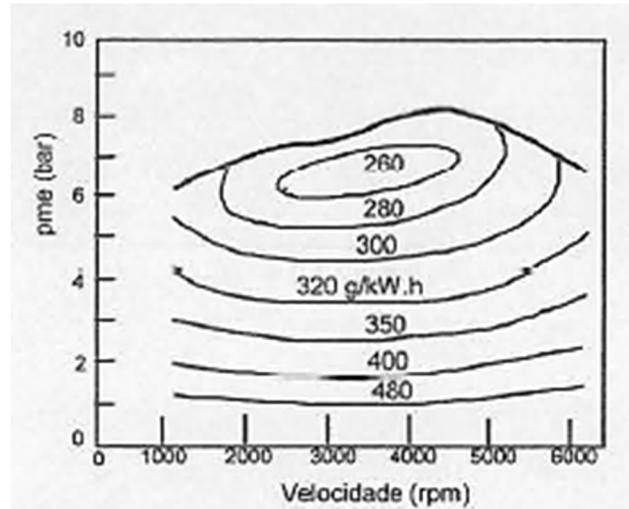
Realizando uma breve análise é possível retirar o valor de rotação ideal de troca de marchas. Esse ponto fica entre 4000 a 5000 rpm, faixa em que o torque se encontra no seu valor máximo. Isso deve-se ao um fator chamado de eficiência volumétrica, o qual ocorre devido a um aumento de admissão de mistura ar combustível na câmara de combustão.

A queda de rendimento de torque e potência ocorre devido a fatores limitantes, como as altas temperaturas, causando uma série de perdas de cargas além de afetar o material, ocasionando a perda de suas propriedades mecânicas, reduzindo o rendimento.

Com o intuito de reforça uma faixa de rotação econômica de troca de marchas, adotou-se um critério de seleção baseado em um diagrama de desempenho genérico para motores a

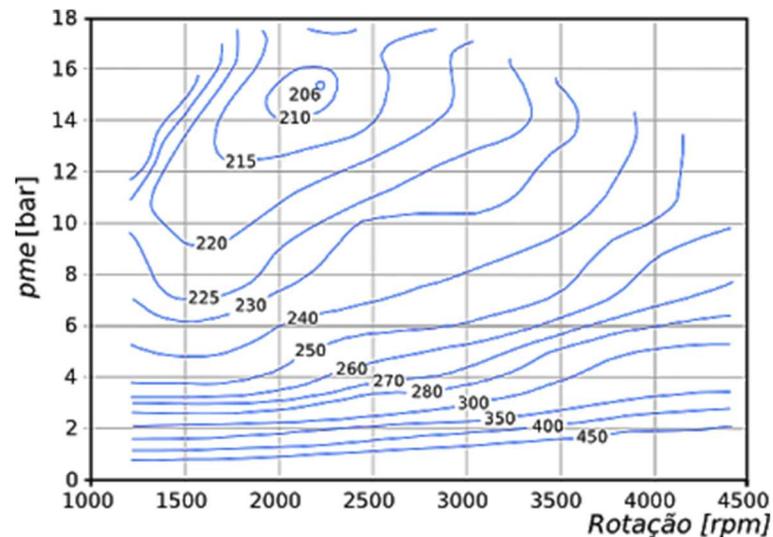
combustão interna de ciclo Otto (Gasolina/Álcool), utilizando como referências, dois gráficos de consumo, um mostrado na Figura 46 e o outro na Figura 47.

Figura 46 – Diagrama de desempenho de um motor de ciclo Otto.



Fonte: Martins (2016, p. 78).

Figura 47 – Diagrama de consumo de um motor ciclo Otto genérico.



Fonte: André Dantas (2011).

Nos gráficos,  $pme$ , representa o valor de pressão média efetiva, enquanto,  $g/kW \cdot h$  é o consumo de combustível específico, dada pela massa de combustível gasta para um dado consumo de energia. Assim, é possível fazer uma análise comparativa, com relação a troca de marchas para cada uma das transmissões, obedecendo o intervalo de rotações para o máximo torque e o menor consumo de combustível.

Da Figura 46, o valor mínimo de consumo situa-se em uma região intermediária de velocidade entre 3000 e 4000 rpm. Já na Figura 47, essa região se encontra entre 1500 e 3000 rpm, e realizando uma média entre elas a faixa de melhor consumo está entre um intervalo de 2250 e 3500 rpm. Assim, com os dados conhecidos da curva de torque/potência do motor e a melhor faixa de rotação estimada para o consumo de combustível, dá-se continuidade aos estudos das duas transmissões utilizando os valores conhecidos das suas relações de velocidades, Tabela 5, disponíveis no manual de serviços técnico do proprietário.

Tabela 5 – Relação de transmissão das caixas de mudanças.

<b>Marcha</b>	<b>Relação Transmissão Manual</b>	<b>Relação Transmissão Automática (Planetárias)</b>
<b>1ª Marcha</b>	3,307	2,995
<b>2ª Marcha</b>	1,750	1,678
<b>3ª Marcha</b>	1,171	1,066
<b>4ª Marcha</b>	0,923	0,760
<b>5ª Marcha</b>	0,767	0,551
<b>Reverso</b>	3,307	1,956
<b>Diferencial</b>	4,625	4,562

Fonte: Honda Automóveis do Brasil (2018).

O torque proveniente do motor passa pela caixa de mudanças antes de continuar para as semi-árvores e as rodas. Ao passar pela caixa a transferência de torque é multiplicada pela relação de engrenamento de cada uma das marchas, mais a do diferencial, como mostra a Equação 4:

$$\tau_{marcha} = \tau_{motor} \cdot i_m \cdot i_{dif} \cdot n_t \quad (4)$$

Onde,  $\tau_{motor}$  é o valor do torque proveniente do motor, para cada valor de rotação,  $i_m$  é a relação das marchas,  $i_{dif}$  é a relação do diferencial e  $n_t$  é a eficiência mecânica do sistema de transmissão (diferencial, caixa de mudanças, eixos, etc.).

A eficiência mecânica de um sistema constituído por engrenagens é alta se comparada com outros mecanismos que desempenho a mesma função, sendo assim, esse valor não deve ser negligenciado para os cálculos de performance dinâmica e quanto ao consumo de combustível (GENTA, 2009; MORELLO, 2009).

As perdas de cargas em uma caixa de transmissão são em decorrência dos seguintes aspectos:

- **Perdas nos engrenamentos:** São geradas pelo atrito entre os dentes de engrenagem;
- **Perdas no rolamento:** São gerados pela extensão da área de contato dos corpos rolantes e pela sua deformação;
- **Perdas na vedação:** São geradas pela fricção entre as vedações com a rotação dos eixos primários e secundário;
- **Perdas na lubrificação:** São geradas pelos bombeamentos da lubrificação, caso exista.

Tabela 6 – Eficiência mecânica para diferentes mecanismos de transmissão.

<b>Tipo de Mecanismo</b>	<b>Eficiência [%]</b>
<b>Caixa Manual com Lubrificação</b>	92-97
<b>Caixa Automática Convencional (Sistema Planetário)</b>	90-95
<b>Caixa Automática CVT (sem controle de pressão)</b>	70-80
<b>Caixa Automática CVT (com controle de pressão)</b>	80-86
<b>Par de Engrenagens Cilíndricas</b>	99-99,5
<b>Par de Engrenagens Cônicas</b>	90-93

Fonte: Genta e Morello (2009, p. 428).

Para cada tipo de mecanismo usado nas caixas de câmbios existe uma faixa de eficiência mecânica, estipulada, sendo dada na Tabela 6.

Como os dados da eficiência mecânica dos componentes automotivos desse estudo são sigilosos, será considerado uma eficiência de 97% para a caixa de transmissão manual e de 95% para caixa automática convencional.

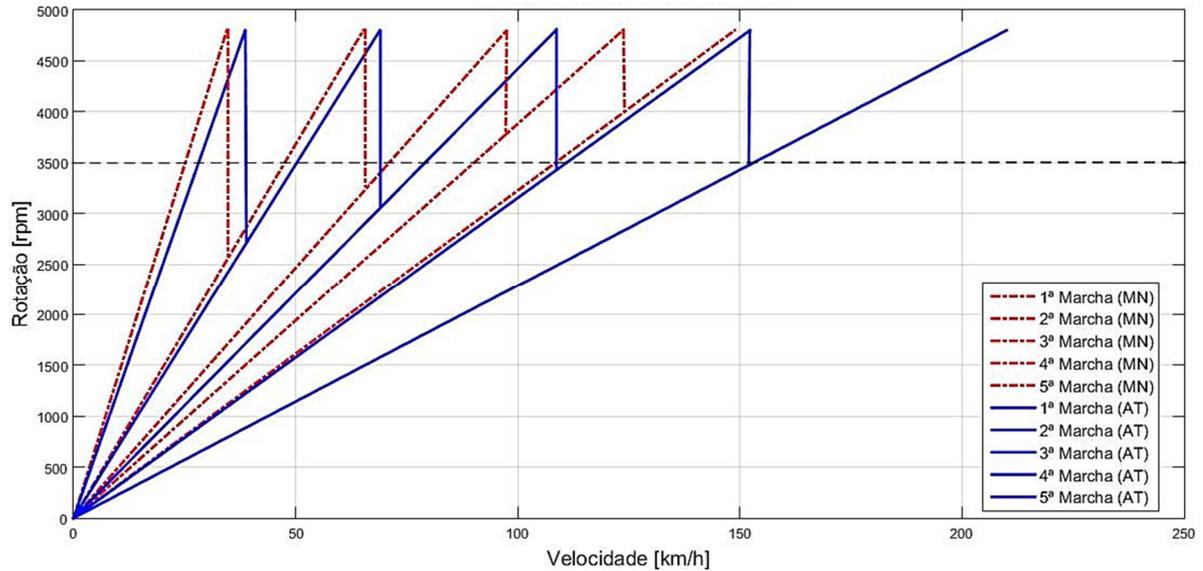
Com os parâmetros definidos, foi possível traçar a velocidade que cada uma das transmissões disponibilizou para cada uma das marchas. Pôde-se obter os resultados comparativos de ambas as transmissões no desempenho de velocidade, para o maior valor de torque e eficiência volumétrica, e quanto a faixa de menor consumo de combustível.

O cálculo da velocidade final tangencial disponível em cada marcha foi feita pela Equação 5.

$$v_{marcha} = \frac{2 \cdot \pi \cdot N \cdot R_{dinamico}}{60 \cdot i_m \cdot i_{dif}} \quad (5)$$

Onde,  $N$ , é a rotação do motor em rotações por minuto [rpm] e,  $R_{dinâmico}$ , é o raio dinâmico do pneu. No caso do Honda Fit dessa análise, que utiliza o pneu **175/65 R15**, através dessa classificação, obtêm-se um raio igual à **0,297 m**.

Figura 48 – Diagrama dente de serra das caixas de mudanças à 4800 rpm.



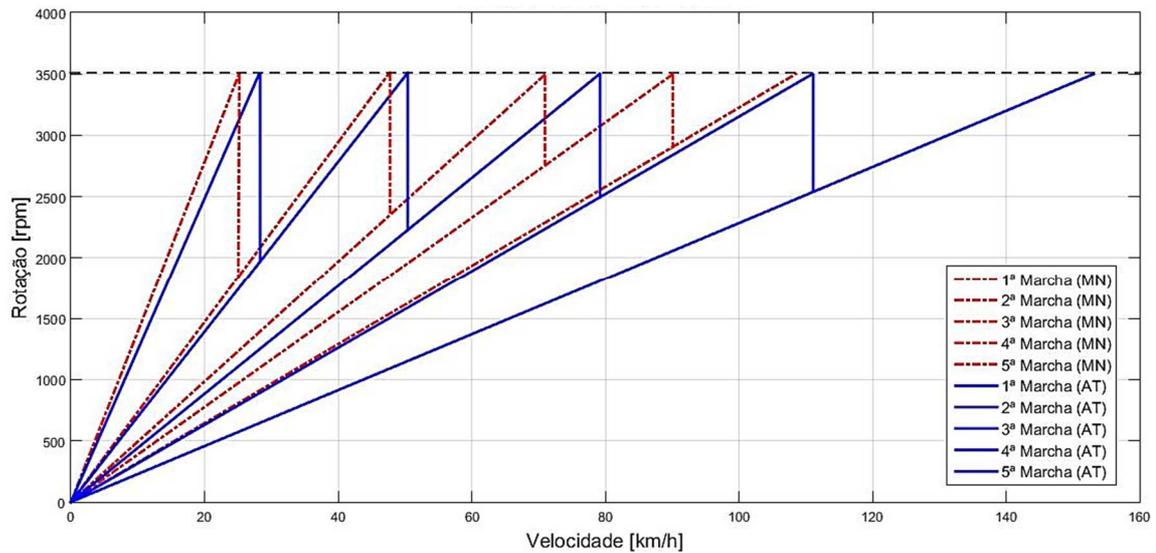
Fonte: Autor (2018).

Como visto anteriormente, para transmissão automática, o conversor possui um fator de multiplicação de torque e uma eficiência que depende do sistema utilizado, e esses interferem no comportamento das linhas no diagrama de dente de serra. Devido a questões sigilosas de fornecimento de dados sobre esse componente, não foi possível obtê-los. O diagrama foi aproximado a uma caixa de câmbio manual, considerando dados da sua eficiência mecânica e as relações de transmissão.

Com os dados e as equações disponíveis chegou-se ao desenvolvimento das velocidades em cada marcha (Figura 48), considerando alto desempenho do motor (torque máximo a 4800 rpm).

Igualmente, foi feita a mesma análise, porém, considerando a rotação de 3500 rpm, dentro das condições de melhor consumo pela média das faixas das Figuras 46 e 47. O diagrama novo pode ser visto na Figura 49.

Figura 49 - Diagrama dente de serra das caixas de mudanças à 3500 rpm.



Fonte: Autor (2018).

Observando as figuras do diagrama dentes de serra, entre as duas caixas, o câmbio automático disponibiliza uma velocidade final maior comparado ao manual (aproximadamente 148,8 km/h e 210 km/h para manual e automática, respectivamente), considerando a condição de maior eficiência volumétrica do motor. Proporcionalmente, essa diferença se mantém para as condições de baixo consumo, sendo ela diretamente relacionada com os valores das relações de marchas.

Analisando os dados da Tabela 5, juntamente com as Figuras 48 e 49, verifica-se que a caixa de câmbio automática tem uma configuração mais longa nas relações, caracterizando-a como um câmbio de relações de marchas longa. Por conseguinte, a caixa manual retornar a uma configuração de relações mais curtas, em comparação a automática. A Tabela 7 ressalta essa diferença entre as duas, em porcentagem.

Tabela 7 – Diferença, em porcentagem, entre as transmissões.

Marchas	Diferença entre as transmissões [%]
1 <sup>a</sup>	9,43%
2 <sup>a</sup>	4,11%
3 <sup>a</sup>	8,97%
4 <sup>a</sup>	17,66%
5 <sup>a</sup>	28,16%
<b>Diferencial</b>	<b>1,36%</b>

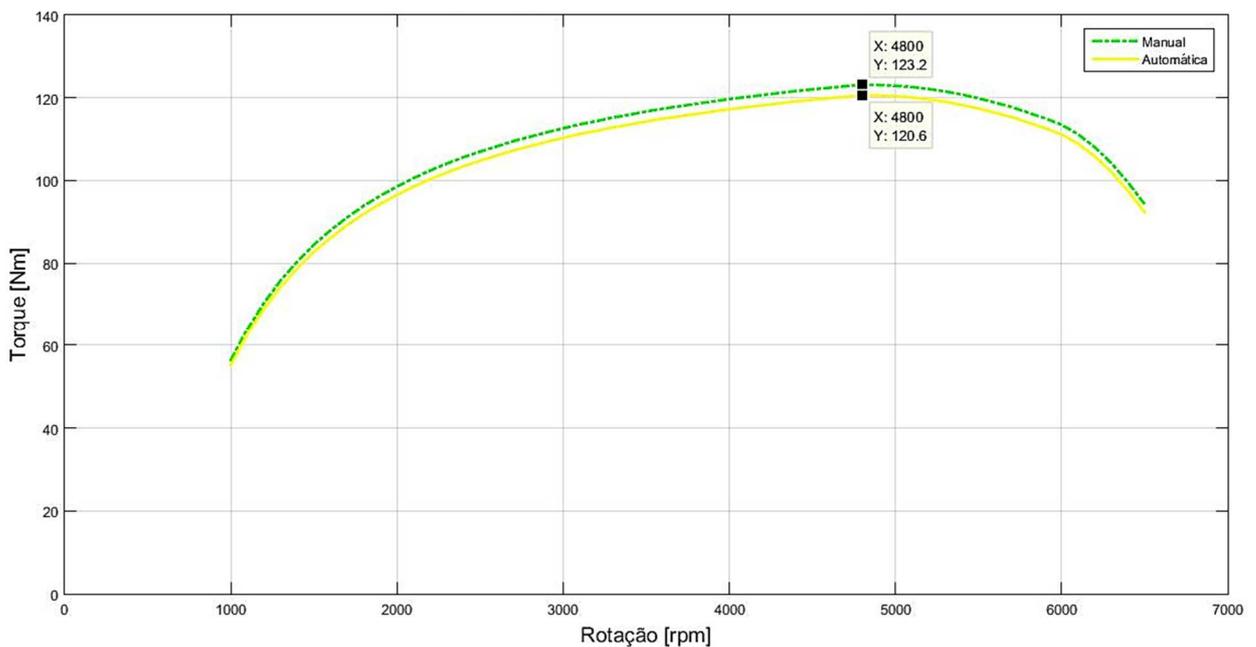
Fonte: Autor (2018).

Essas configurações, segundo Guerra (2015), retornam algumas características no desempenho do veículo, como por exemplo:

- **Caixas com relações curtas:** Disponibilizam maiores valores de torque para as rodas. A troca de marcha ocorre em intervalos de tempo menores, porém favorecem mais quando o objetivo é a aceleração e o transporte de cargas mais pesadas.
- **Caixas com relações longas:** Disponibilizam uma menor quantidade de torque, em contrapartida, permitem, aos veículos, atingir maiores velocidades finais e contribuem na redução do consumo de combustível.

Assumindo essas condições, junto aos valores da Tabela 7, tem-se no câmbio automático o que disponibiliza maior velocidade final (sendo de 28,16% a diferença entre as últimas marchas) e menor consumo de combustível, em compensação, os valores de torque (Figura 50). e aceleração (Tabela 2) são menores.

Figura 50 – Torque disponibilizado pelas transmissões.

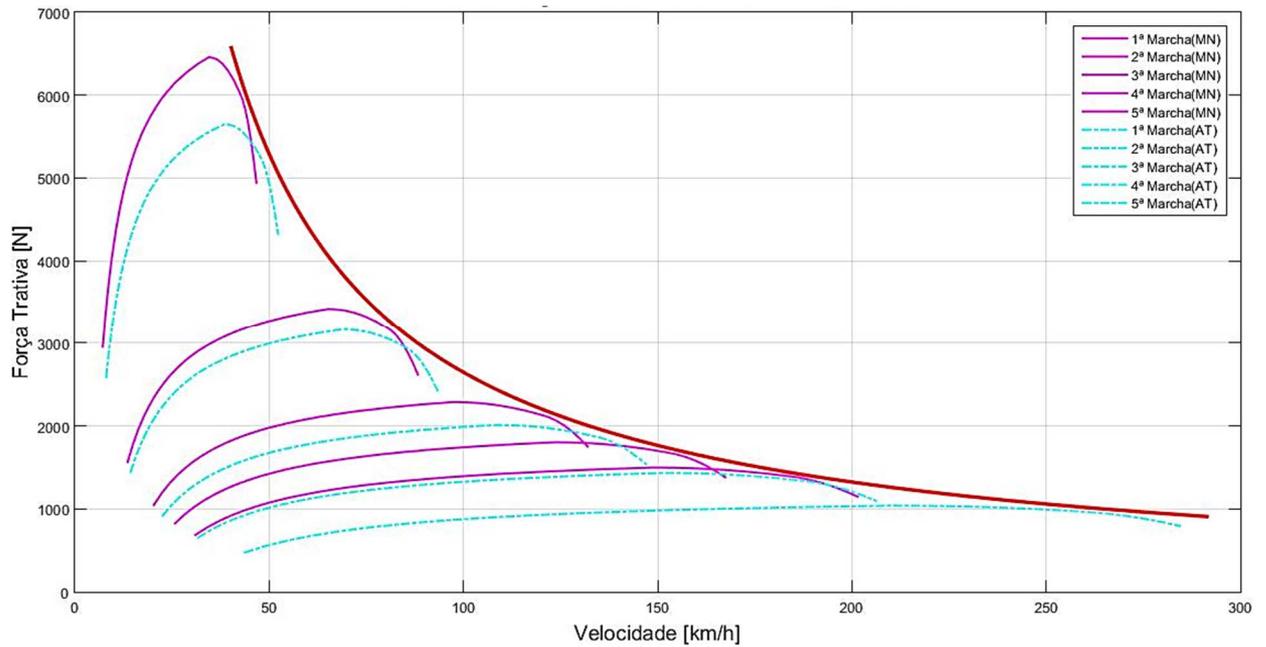


Fonte: Autor (2018).

Na Figura 50 o pico de torque disponível para o câmbio manual é de 123,2 Nm para 120,6 Nm da automática a 4800 rpm, o que representa uma diferença de 2,11%.

Além dessas informações, é possível obter o diagrama de força líquida com o uso da Equação 6, oferecidas pelas transmissões.

Figura 51 – Diagrama das forças de tração.



Fonte: Autor (2018).

$$F_{trativa} = \frac{\tau_{marchas}}{R_{dinâmico}} \quad (6)$$

As forças de tração (Equação 6), são necessárias para vencerem as resistências (rolagem, aclone, aerodinâmica, etc.) impostas ao veículo, o seu diagrama é dado pela Figura 51.

O diagrama da Figura 51 é uma informação importante, necessária para avaliar o desempenho do veículo quanto à disponibilidade de forças máximas, para cada marcha, as quais são necessárias para vencer as resistências ao rolamento, ao aclone, realização de aceleração e questão do consumo de combustível (NICOLAZZI, 2012).

## 5 ANÁLISE SWOT

Uma análise SWOT, comumente conhecida como Matriz F.O.F.A<sup>1</sup>, foi criada por Albert Humphrey. Acredita-se que ela foi implementada na década de 60, na Universidade de Stanford (EUA), por meio de um estudo encabeçado pelo próprio Albert, estudando as 500 maiores corporações norte-americanas da época (CASAROTTO, 2018).

Essa é uma ferramenta que permite fazer um diagnóstico estratégico de uma empresa, projetos, negócios, cenário e ambiente. Um dos seus objetivos é identificar os pontos fortes e fracos de um projeto, organização, além das oportunidades e ameaças das quais os mesmos estão expostos. Nesse ponto, ela torna-se uma ferramenta interessante para um bom planejamento estratégico e análises.

Em sua análise não envolve cálculos matemáticos e formulários, porém, o seu procedimento é extremamente útil para diversas análises.

Em português, a sigla SWOT (F.O.F.A.) significa:

- S → *Strengths* (Força);
- W → *Weaknesses* (Fraquezas);
- O → *Opportunities* (Oportunidades);
- T → *Threats* (Ameaças).

Segundo Grandó (2011), geralmente, a análise considera a comparação entre uma empresa e a concorrência e/ou outras companhias do setor. No caso desse trabalho, a sua aplicação será uma análise entre dois componentes automotivos e a concorrência entre eles. Esse procedimento é conhecido também como *Benchmarking*, o qual seria a coleta de informações, melhores processos e práticas, a fim de pontuar os melhores desempenhos.

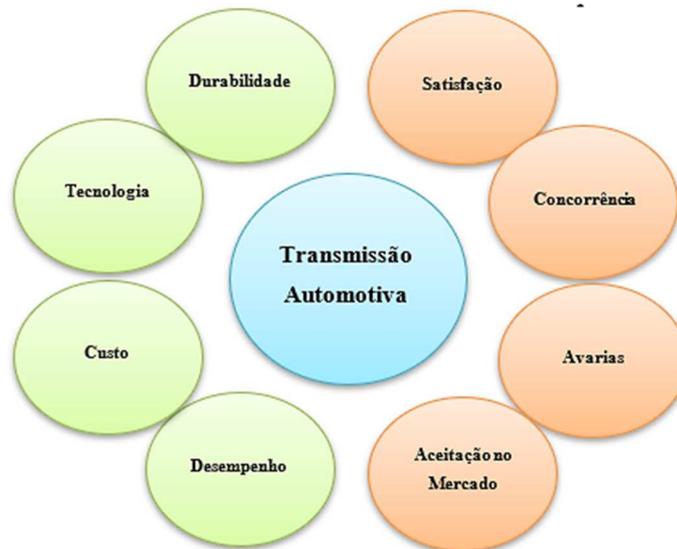
### 5.1 PROCEDIMENTOS DA ANÁLISE

Para uma análise preliminar entre as duas transmissões deve-se considerar os pontos previamente analisados nos tópicos anteriores. Em suas comparações serão utilizados os fundamentos da ferramenta SWOT, considerando os ambientes internos e externos dos objetos de estudo. No caso das transmissões automotivas foram consideradas os aspectos ilustrados Figura 52.

---

<sup>1</sup> F.O.F.A (Força, Oportunidades, Fraquezas e Ameaças)

Figura 52 – Aspectos considerados na caracterização das transmissões.



Fonte: Autor (2018).

Para ambiente interno deve-se considerar as variáveis que fazem parte do controle do componente, ou seja, os seus recursos disponíveis, capacidades e características. Dentre eles pode-se considerar tecnologia, desempenho, custo e durabilidade. Com isso, verifica-se os pontos fortes e fracos.

- **Pontos forte:** Deve-se caracterizar os benefícios em que um produto se destaca perante o outro concorrente, ou seja, o que um possui de melhor em comparação ao outro;
- **Pontos fracos:** Seguindo a mesma ideia da força, são as desvantagens que levam o produto a estar, de certo ponto, atrás do outro concorrente.

Para o ambiente externo a análise considera os fatores que estão fora controle do sistema, ou seja, não depende mais do produto. Dentre eles pode-se considerar a satisfação do cliente, concorrências, avarias e aceitação no mercado. A análise externa, pode ser obtida com pesquisas em internet e estudos de casos na coleta de informações com clientes e profissionais da área.

- **Oportunidades:** São possíveis variações no cenário, que se bem aproveitadas, podem trazer benefícios. Porém, uma mudança nessa variação, pode fazer com que ocorra um efeito contrário.
- **Ameaças:** São elementos externos que podem afetar o desempenho e a venda do próprio produto, como novas concorrências, mudanças tecnológicas, disponibilidade de componentes e serviços especializados no mercado.

Segundo Patel (2018) a caracterização e o conhecimento dos ambientes interno e externos, bem como cada um dos identificação dos elementos para cada um dos quatro quadros, são determinantes para obter resultados finais mais precisos. Com elas é possível obter alguns benefícios como:

- Embasamento para tomada de decisão;
- Entender e compreender o cenário externo;
- Conseguir montar expectativas mais realistas;
- Construir estratégias mais eficientes.

## 5.2 MOTAGEM DA MATRIZ SWOT

Após o levantamento dos dados, fez-se a realização de um filtro e selecionadas aquelas informações mais relevantes na análise. O objetivo disso, juntamente com a matriz, é facilitar a tomada de decisões, logo, estava-se atento aos elementos que fizeram diferente dentro do contexto proposto e apresentado. Em resumo, a sua montagem iniciou-se utilizando alguns passos:

- Coletar informações qualitativas e quantitativas do(s) produto(s);
- Extrair os pontos fortes do produto;
- Elencar as fraquezas do mesmo;
- Enumerar as oportunidades previstas em um médio e longo prazo;
- Liste as possíveis ameaças que podem afetar o seu uso.

Figura 53 – Estrutura da Matriz SWOT



Fonte: Autor (2018)

Posteriormente, com as informações, montou-se as tabelas como a estrutura da Figura 53. Foram elencados os fatores baseados nos estudos da análise técnica, de desempenho e das respostas do questionário segundo Apêndice A. Para o câmbio manual a matriz com os dados coletados foi organizada na Tabela 8.

Tabela 8 – Matriz do câmbio manual.

Forças (Strengths)	Fraquezas (Weaknesses)	Fatores Internos
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Retomada de potência e resposta mais rápida;</li> <li>• Menor preço de venda;</li> <li>• Menor consumo de combustível;</li> <li>• Compacta, possibilita boa adaptabilidade para os veículos automotivos;</li> <li>• Facilidade de encontrar componentes no mercado, para manutenção;</li> <li>• Não exige uma mão de obra especializada para manutenção;</li> <li>• Mais silencioso em comparação com o câmbio automático;</li> <li>• Aceitação boa perante os clientes.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dispõe de menor conforto para o motorista;</li> <li>• Baixo nível no quesito ergonômico;</li> <li>• Maior desgaste dos componentes;</li> <li>• Apresenta perda de desempenho com o aumento do desgaste;</li> <li>• Custos de manutenção de médio para altos, a depender do dano.</li> </ul>	
Oportunidades (Opportunities)	Ameaças (Threats)	Fatores externos
<ul style="list-style-type: none"> <li>• O sistema possibilita evolução (transmissão manual automatizada);</li> <li>• Possibilidade de otimização (resistência, menos ruído, menos desgastes, etc.);</li> <li>• Possibilita ser empregada em diversos tipos de veículos automotivos;</li> <li>• Mais componentes mecânicos possibilitam o seu reaproveitamento;</li> <li>• Melhor usabilidade em carros esportivos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tendência na escolha de outros sistemas de transmissão;</li> <li>• Danos aos sistemas variam de alto a baixo, a depender da condução;</li> <li>• Concorrências como: Transmissões automatizada, automática e CVT;</li> <li>• Baixo conforto e ergonomia influenciam na escolha do câmbio;</li> <li>• Quanto mais potência, mais exigência do material, maior o desgaste;</li> <li>• Aumento da busca por sistemas mais eletrônicos/autônomos;</li> <li>• Tendência de ser utilizado para veículos mais específicos (esportivos);</li> <li>• Aumento do público idoso no país aumenta a procura por opções mais confortáveis.</li> </ul>	
<b>Fatores Positivos</b>	<b>Fatores Negativos</b>	

Fonte: Autor (2018).

Seguindo os padrões adotados na Tabela 8, foi realizado o mesmo procedimento para determinar as possíveis forças, fraquezas, oportunidades e ameaças da transmissão automática. A discretização desses dados se encontram na Tabela 9.

Separados em seus respectivos quadrantes, a próxima etapa consistiu na priorização de informações para cada grupo. Nesse caso, fez-se o uso da matriz de gravidade, urgência e tendência (GUT) que, segundo Ávila (2014), serve para auxiliar na resolução dos prioridades e identificação dos maiores problemas.

Tabela 9 – Matriz para o câmbio automático.

Forças (Strengths)	Fraquezas (Weaknesses)	Fatores Internos
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Disponibiliza maior conforto ao motorista;</li> <li>• Melhor opção ergonômica para motoristas com movimentação limitada;</li> <li>• Maior durabilidade;</li> <li>• Baixa necessidade de manutenção;</li> <li>• Maior aceitabilidade por parte dos motoristas;</li> <li>• Baixa diferença de consumo comparado com a manual;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Custo de venda maior, cerca de R\$ 3000,00 para o mesmo modelo;</li> <li>• Custo da manutenção maior (Caso necessário)</li> <li>• Sistema mais complexo, exige manutenção especializada;</li> <li>• Baixa aplicabilidade para veículos esportivos;</li> <li>• Exige maior atenção do motorista quanto a manutenção preventiva.</li> <li>• Emite mais ruído em comparação com a manual.</li> </ul>	
Oportunidades (Opportunities)	Ameaças (Threats)	Fatores externos
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Apresenta possibilidade de evolução (Câmbio CVT);</li> <li>• Possibilita otimização do sistema (ruído, compacto, resistência, relações);</li> <li>• Aumento da busca e escolha desse tipo de transmissão;</li> <li>• Possibilidade de evolução quanto aos sistema eletroeletrônicos e mecânicos;</li> <li>• Aumento de profissionais especializados na área;</li> <li>• Tecnologia recente no país, possibilita mais crescimento ao público;</li> <li>• Mais adaptável ao crescimento de sistemas embarcados e eletrônicos;</li> <li>• Aumento de público idoso aumenta a busca por sistemas mais automáticos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Existência de concorrência no mercado;</li> <li>• Baixa ou nenhuma aplicabilidade para veículos pesados;</li> <li>• Baixo índice de profissionais especializados em manutenção representa uma ameaça;</li> <li>• Baixa reaproveitamento devido ao maior número de componentes eletrônicos.</li> </ul>	
<b>Fatores positivos</b>	<b>Fatores negativos</b>	

Fonte: Autor (2018).

Na montagem da matriz GUT, deve-se avaliar os parâmetros de 1 a 5, conforme Tabelas 10, 11, 12 e 13, com os critérios sendo classificados da seguinte forma:

- **Gravidade:** Representa o impacto do problema analisado caso ele venha a acontecer. É analisado sobre alguns aspectos, como: tarefas, pessoas, resultados, processos, organizações etc. É recomendado que seja feita a pergunta “Esse problema representa um grande impacto caso venha acontecer?”. [1 – Sem gravidade; 2 – Pouco grave; 3 – Grave; 4 – Muito grave; 5 – Extremamente grave.];

- **Urgência:** Representa o prazo, o tempo disponível ou necessário para resolver um determinado problema analisado. Quanto maior a urgência, menor será o tempo disponível para resolver o problema. É recomendado que seja feita a seguinte pergunta: “A resolução deste problema pode esperar ou deve ser realizada imediatamente?” [1 – Pode esperar; 2 – Pouco urgente; 3 – Urgente; 4 – Merece atenção no curto prazo; 5 – Muito urgente, necessita de ação imediata.];

- **Tendência:** Representa o potencial de crescimento do problema, a probabilidade do problema se tornar maior com o passar do tempo. É a avaliação da tendência de crescimento, redução ou desaparecimento do problema. Recomenda-se fazer a seguinte pergunta: “Se eu não

resolver esse problema agora, ele vai piorar pouco a pouco ou vai piorar bruscamente?” [1 – Não irá mudar; 2 – Irá piorar ao longo prazo; 3 – Irá piorar a médio prazo; 4 – Irá piorar a curto prazo; 5 – Irá piorar rapidamente.].

Tabela 10 – Tabela de priorização das forças.

	Forças	Gravidade	Urgência	Tendência	Multip.
Câmbio Manual	• Retomada de potência e resposta mais rápido;	1	2	1	2
	• Menor preço de venda;	2	2	2	8
	• <b>Menor consumo de combustível;</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>27</b>
	• <b>Compacta, possibilita boa adaptabilidade para os veículos automotivos;</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>64</b>
	• <b>Facilidade de encontrar componentes no mercado, para manutenção;</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>27</b>
	• Não exige uma mão de obra especializada para manutenção;	3	3	3	27
	• Aceitação boa perante os clientes.	2	3	2	12
Câmbio Automático	• Mais silencioso em comparação com o câmbio automático;	1	2	2	4
	• Disponibiliza maior conforto ao motorista;	2	2	4	16
	• Melhor opção ergonômica para motoristas com movimentação limitada;	2	2	4	16
	• <b>Maior durabilidade;</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>36</b>
	• <b>Baixa necessidade de manutenção;</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>64</b>
	• <b>Maior aceitabilidade por parte dos motoristas;</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>27</b>
	• Baixa diferença de consumo comparado com a manual;	3	2	2	12

Fonte: Autor (2018).

Tabela 11 – Tabela de priorizações das oportunidades.

	Oportunidades	Gravidade	Urgência	Tendência	Multip.
Câmbio Manual	• O sistema possibilita evolução (transmissão manual automatizada);	3	2	2	12
	• <b>Possibilidade de otimização (resistência, menos ruído, menos desgastes, etc.)</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>18</b>
	• <b>Possibilita de ser empregada em diversos tipos de veículos automotivos;</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>18</b>
	• <b>Mais componentes mecânicos, possibilitam o seu reaproveitamento;</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>27</b>
	• Melhor usabilidade em carros esportivos.	1	2	2	4
Câmbio Automático	• Apresenta possibilidade de evolução (Câmbio CVT);	3	2	2	12
	• <b>Possibilita otimização do sistema (ruído, compacto, resistência, relações);</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>36</b>
	• <b>Aumento da busca e escolha desse tipo de transmissão;</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>18</b>
	• <b>Aumento de profissionais especializados na área;</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>12</b>
	• Tecnologia recente no país, possibilita mais crescimento ao público;	3	2	1	6
	• Mais adaptável ao crescimento de sistemas embarcados e eletrônicos;	2	2	1	4
	• Aumento de público idoso aumenta a busca por sistemas mais automáticos.	3	2	1	6

Fonte: Autor (2018).

Tabela 12 – Tabela de priorizações das fraquezas.

	Fraquezas	Gravidade	Urgência	Tendência	Multip.
Câmbio Manual	• <b>Dispõe de menor conforto para o motorista;</b>	2	3	3	18
	• Baixo nível no quesito ergonômico;	2	3	3	18
	• <b>Maior desgaste dos componentes;</b>	3	2	3	18
	• <b>Apresenta perda de desempenho com o aumento do desgaste;</b>	3	3	3	27
	• Custos de manutenção de médio para altos, a depender do dano.	3	2	2	12
Câmbio Automático	• <b>Custo de venda maior, cerca de R\$ 3000,00 para o mesmo modelo;</b>	4	2	2	16
	• <b>Custo da manutenção maior (Caso necessário)</b>	4	4	3	48
	• <b>Sistema mais complexo, exige manutenção especializada;</b>	3	3	3	27
	• Baixa aplicabilidade para veículos esportivos;	2	2	2	8
	• Exige maior atenção do motorista quanto a manutenção preventiva.	2	2	3	12
	• Emite mais ruído em comparação com a manual.	1	2	1	2

Fonte: Autor (2018).

Tabela 13 – Tabela de priorizações das ameaças.

	Ameaças	Gravidade	Urgência	Tendência	Multip.
Câmbio Manual	• Tendência na escolha de outros sistemas de transmissão;	2	2	3	12
	• Danos ao sistema variam de alto a baixo, a depender da condução;	2	2	2	8
	• <b>Concorrências como: transmissões automatizada, automática e CVT;</b>	2	3	4	24
	• <b>Baixo conforto e ergonomia influenciam na escolha do câmbio;</b>	2	3	3	18
	• Quanto mais potência, mais exigência do material, maior o desgaste;	1	2	1	2
	• Aumento da busca mundial por sistemas mais eletrônicos/autônomos;	2	3	2	12
	• Tendência de ser utilizado para veículos mais específicos (esportivos);	2	2	2	8
	• <b>Aumento do público idoso no país limita a procura pelo câmbio automático.</b>	3	3	3	27
Câmbio Automático	• Existência de concorrência no mercado;	2	2	2	8
	• <b>Baixa ou nenhuma aplicabilidade para veículos pesados;</b>	2	2	3	12
	• <b>Baixa reaproveitamento devido ao maior número de componentes eletrônicos.</b>	2	2	2	8
	• <b>Baixo índice de profissionais especializados em manutenção representa uma ameaça;</b>	3	3	3	27

Fonte: Autor (2018).

Após avaliação deve-se multiplicar cada um dos valores dos atributos (valor máximo de 125), e selecionar aqueles com as maiores pontuações. Recomenda-se selecionar de 3 a 5 elementos, nesse caso foram escolhidos os 3 fatores mais altos, na Tabela 14 e 15 se encontram os valores para transmissão manual e automática respectivamente.

Tabela 14 – Matriz de priorização do câmbio manual.

Forças	Fraquezas
[A] • Compacta, possibilita boa adaptabilidade para os veículos automotivos; [B] • Menor consumo de combustível; [C] • Facilidade de encontrar componentes no mercado, para manutenção.	[D] • Apresenta perda de desempenho com o aumento do desgaste; [E] • Maiores desgastes dos componentes; [F] • Dispõe de menor conforto para o motorista.
Oportunidades	Ameaças
[G] • Mais componentes mecânicos, possibilitam o seu reaproveitamento; [H] • Possibilita de ser empregada em diversos tipos de veículos automotivos; [I] • Possibilidade de otimização (resistência, menos ruído, menos desgastes, etc.).	[J] • Aumento do público idoso no país aumenta a procura por opções mais confortáveis; [K] • Concorrências como: Transmissões automatizada, automática e CVT; [L] • Baixo conforto e ergonomia influenciam na escolha do câmbio.

Fonte: Autor (2018).

Tabela 15 – Matriz de priorização do câmbio automático.

Forças	Fraquezas
[A] • Baixa necessidade de manutenção; [B] • Maior durabilidade; [C] • Maior aceitabilidade por parte dos motoristas.	[D] • Custo da manutenção maior (Caso necessário); [E] • Sistema mais complexo, exige manutenção especializada; [F] • Custo de venda maior, cerca de R\$ 3000,00 para o mesmo modelo.
Oportunidades	Ameaças
[G] • Possibilita otimização do sistema (ruído, compacto, resistência, relações); [H] • Aumento da busca e escolha desse tipo de transmissão; [I] • Aumento de profissionais especializados na área.	[J] • Baixo índice de profissionais especializados em manutenção representa uma ameaça; [K] • Baixa ou nenhuma aplicabilidade para veículos pesados; [L] • Baixa reaproveitamento devido ao maior número de componentes eletrônicos.

Fonte: Autor (2018).

Com isso, foi possível montar as matrizes SWOT para cada uma delas. Nela deve-se criar relações entre elas e pontuando-os conforme a intensidade, variando de 0 (nenhuma relação) a 3 (relação de alta intensidade) conforme as Tabelas 16 e 17.

Tabela 16 – Tabela de relações dos elementos para transmissão manual.

Grau de Relação	Transmissão Manual					
	Forças			Fraquezas		
0 - Não há Relação; 1 - Relação de Baixa Intensidade; 2 - Relação de Média Intensidade; 3 - Relação de Alta Intensidade.	[A]	[B]	[C]	[D]	[E]	[F]
<b>Oportunidades</b>	<b>Alavancagens</b>			<b>Limitantes</b>		
[G]	0	0	1	0	1	0
[H]	3	0	1	0	0	0
[I]	1	2	1	1	3	1
<b>Ameaças</b>	<b>Blindagens</b>			<b>Riscos</b>		
[J]	0	0	0	0	0	3
[K]	2	1	1	2	2	3
[L]	0	0	0	0	0	3

Fonte: Autor (2018).

Tabela 17 – Tabela de relações dos elementos para transmissão automática.

Grau de Relação	Transmissão Automática					
	Forças			Fraquezas		
0 - Não há Relação; 1 - Relação de Baixa Intensidade; 2 - Relação de Média Intensidade; 3 - Relação de Alta Intensidade.	[A]	[B]	[C]	[D]	[E]	[F]
<b>Oportunidades</b>	<b>Alavancagens</b>			<b>Limitantes</b>		
[G]	3	3	1	2	2	2
[H]	2	2	3	0	0	0
[I]	0	0	3	2	3	2
<b>Ameaças</b>	<b>Blindagens</b>			<b>Riscos</b>		
[J]	2	2	0	3	2	0
[K]	0	0	0	0	1	1
[L]	0	0	0	0	0	1

Fonte: Autor (2018).

Com isso, aplicando os conceitos de análises SWOT são elaborados dois tipos de matrizes, a primeira, chamada estratégica, elenca os pontos que podem apresentar risco para o produto (ÁVILA, 2015). Abaixo seguem os seguintes parâmetros:

- **Desenvolvimento:** Nesse ponto são analisadas as oportunidades percebidas no mercado/produto, que poderiam ser melhores aproveitadas. São selecionadas as oportunidades onde há pouca ou nenhuma força relacionada;
- **Sobrevivência:** Nesse ponto são analisadas o quanto as forças do negócio/produto podem minimizar as chances de a ameaça acontecer. São selecionadas as ameaças onde há pouca ou nenhuma força relacionada;
- **Limitantes:** Foca em diminuir os impactos que uma fraqueza do negócio/produto tem diminuindo as chances de uma oportunidade ocorrer. São selecionadas as oportunidades onde há, ao menos, uma relação de alta intensidade com alguma fraqueza;
- **Riscos:** Visa minimizar as perdas e impactos negativos que as fraquezas e ameaças. São selecionadas as ameaças onde há relação de alta intensidade com fraquezas.

As Tabelas 18 e 19, apresentam as matrizes estratégicas cruzadas, para câmbio manual e automático, apresentando os pontos acima.

Tabela 18 – Tabela SWOT cruzada estratégica para câmbio manual.

Desenvolvimento – Forças x Oportunidades	Sobrevivência - Forças x Ameaças
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mais componentes mecânicos, possibilitam o seu reaproveitamento;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Compacta possibilita boa adaptabilidade aos veículos automotivos;</li> <li>• Menor consumo de combustível;</li> <li>• Facilidade de encontrar componentes no mercado, para manutenção</li> </ul>
Limitantes - Fraquezas x Oportunidades	Riscos - Fraquezas x Ameaças
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Maiores desgastes dos componentes;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aumento do público idoso no país aumenta a procura por câmbio mais confortáveis;</li> <li>• Concorrências como: Transmissões automatizada, automática e CVT;</li> <li>• Baixo conforto e ergonomia influenciam na escolha do câmbio.</li> </ul>

Fonte: Autor (2018).

Tabela 19 – Tabela SWOT cruzada estratégica para câmbio automático.

Desenvolvimento - Forças x Oportunidades	Sobrevivência - Forças x Ameaças
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Baixo índice de profissionais especializados na área;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Baixa necessidade de manutenção;</li> <li>• Maior durabilidade;</li> <li>• Maior aceitabilidade por partes do motorista.</li> </ul>
Limitantes - Fraquezas x Oportunidades	Riscos - Fraquezas x Ameaças
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Baixo índice de profissionais especializados na área.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Baixo índice de profissionais especializados em manutenção representa uma ameaça.</li> </ul>

Fonte: Autor (2018).

Por fim, a segunda matriz cruzada, a matriz melhorias, visa identificar os pontos que facilitariam o sucesso do produto e a sua sobrevivência no mercado diante das dificuldades. Nessa são analisados os seguintes parâmetros:

- **Alavancagens:** são as forças que contribuem em dar ênfase e acesso as oportunidades. **Selecionar as forças que possuem relação de alta intensidade com as oportunidades;**
- **Blindagens:** são as forças que evitam que possíveis ameaças ao produto sejam efetivadas e o prejudiquem no mercado. **Selecionar as forças que possuem relação de alta intensidade com as ameaças.**

As Tabelas 14 e 15 apresentam as matrizes cruzadas referentes aos pontos que reforçam o uso do produto no mercado, para o câmbio manual e automático respectivamente.

Tabela 20 - Tabela SWOT cruzada de melhorias para câmbio manual.

Alavancagens - Forças x Oportunidades	Blindagens Estratégicas - Forças x Ameaças
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Possibilita ser empregada em diversos tipos de veículos automotivos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Compacta, possibilita boa adaptabilidade para os veículos automotivos.</li> </ul>

Fonte: Autor (2018).

Tabela 21 – Tabela SWOT cruzada de melhorias para câmbio automático.

Alavancagens - Forças x Oportunidades	Blindagens Estratégicas - Forças x Ameaças
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Possibilita otimização do sistema (ruído, compacto, resistência, relações);</li> <li>• Aumento da busca e escolha a esse tipo de transmissão;</li> <li>• Aumento de profissionais especializados na área.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Menor possibilidade de manutenção;</li> <li>• Maior durabilidade.</li> </ul>

Fonte: Autor (2018)

No âmbito empresarial a análise SWOT é utilizada para alavancar os pontos positivos da empresa e minimizar os efeitos das ameaças com a tomada de decisões a curto, médio e longo prazo, para que essas não causem prejuízo para a companhia, onde, a depender do quadro, podem vir a se tornar irreversíveis.

Da mesma forma, esse tipo de estudo foi aplicado no caso das transmissões automotivas, manuais e automáticas, a fim de verificar os pontos positivos, visando cenários futuros e os limitantes dos seus usos que podem levar ao seu desuso com o tempo.

## 6 ANÁLISE DOS RESULTADOS

A metodologia partiu de um levantamento de dados, os quais abrangeram os tópicos quatro e cinco, contemplando análises técnicas no primeiro, e posteriormente, utilizou-se uma técnica de análise de estudos estratégicos para tomadas de decisões.

Observando o conteúdo técnico foi possível notar que o câmbio manual possui alguns fatores positivos com relação ao câmbio automático, considerando como referência o manual do consumidor e a tabela FIPE. Dentre eles pode-se destacar:

- Peso do veículo (2,96% mais leve);
- Disponibiliza maior velocidade final (3,03% a mais);
- Menor tempo de aceleração de 0 a 100 Km (9,66% a menos);
- Apresenta o menor consumo de combustível em todos os cenários apresentados;
- Menor preço final do veículo novo – no ano de 2010 – e usado para o ano de 2018, cerca de R\$ 3000,00 a menos.

Em contrapartida, o modelo com transmissão automática, para um veículo usado, possui desvalorização menor do que o manual.

Pela análise de desempenho, como o modelo usa o mesmo motor para ambas as disposições de transmissão, a disponibilidade de torque e potência é a mesma, porém, ao passar pelo sistema de transmissão, ocorre uma alteração na saída, o qual, será transferida as rodas motrizes. Para isso, foi considerado a eficiência máxima, utilizando a referência genérica da Tabela 6, disponível para as transmissões e, juntamente com os dados coletado do manual técnico do proprietário da Honda, foram obtidas as informações aproximadas, tendo em vista alguns limitantes de informações, para verificar o comportamento quanto ao desempenho para cada uma das caixas.

Dentre as análises realizadas pode-se destacar a Figura 50, que apresenta o torque disponível na saída de cada uma das transmissões. Verificou-se que o torque da automática é 2,11% menor, no pico máximo a 4800 rpm. Valor pode ter como motivo as perdas ocasionadas pelo sistema de conversor de torque conforme a Figura 38.

Além disso, o peso da transmissão automática, juntamente com as perdas geradas no conversor de torque antes de chegar ao sistema de engrenagens epicicloidais, são fatores que interferem na diferença de alguns valores, entre elas pode-se citar o próprio consumo de combustível, a aceleração do veículo e a tomada de potência.

Acredita-se que para minimizar os efeitos quanto ao consumo de combustível, no câmbio automático, optou-se por disponibilizar uma relação de engrenagens mais longas para essa transmissão, vide Tabela 5, ou seja, houve uma redução no desempenho na tentativa de reduzir os efeitos do consumo veicular. Além disso, é possível notar essa diferença no diagrama de forças de tração (Figura 51) e nos diagramas de dentes de serra (Figuras 48 e 49), onde o fator de relação longa é notado nas três figuras.

É possível observar essa disparidade quando a curva da quinta marcha do manual equipara-se a quarta marcha da automática, ou seja, a disponibilidade de velocidade final maior se encontra na transmissão automática. Porém, isso implica em uma redução na disponibilidade da força trativa, no entanto, deixa caracterizado um maior foco na diminuição do consumo de combustível.

Por fim, foi feito um estudo dos dados utilizando os conceitos da análise SWOT. Para tanto, tomou-se como uma das referências, além das análises técnicas, uma pesquisa de campo realizada com a equipe da Honda. As informações coletadas foram baseadas segundo o questionário do Apêndice A, onde foi possível obter esclarecimentos sobre os câmbios do Honda Fit.

Os resultados finais de uma matriz SWOT consiste em obter os dados das Tabelas 18 a 21, as quais, são elas que tratam dos pontos fortes e fracos levantados e as perspectivas dos produtos/negócios em médio e longo prazo. Com base nessas tabelas para a transmissão manual, pode-se pontuar:

- Compacta, possui boa adaptabilidade aos veículos automotivos;
- Possibilita ser empregada em diversos tipos de veículos automotivos;
- Menor consumo de combustível;
- Facilidade de encontrar componentes para manutenção no mercado.

Em contrapartida, para o mesmo câmbio, têm-se as seguintes questões, as quais, podem interferir no seu uso:

- Aumento do público idoso no país aumenta a procura por câmbio mais confortáveis;
- Concorrências como: Transmissões automatizada, automática e CVT;
- Maior desgaste dos componentes;
- Baixo conforto e ergonomia influenciam na escolha do câmbio.

Já para a transmissão automática foram pontuados os seguintes fatores:

- Menor necessidade de manutenção;

- Maior durabilidade;
- Maior aceitabilidade por partes do motorista;
- Possibilita otimização do sistema (ruído, compacto, resistência, relações);
- Aumento da busca e escolha a esse tipo de transmissão;
- Aumento de profissionais especializados na área.

Já para os fatores que limitariam o uso dessa transmissão, podendo prejudicar a sua imagem no mercado, pode-se destacar:

- A falta de manutenção especializada representaria uma ameaça;
- Baixo índice de profissionais especializados na área.

Além desses dados, vale destacar que, com base nas informações coletadas na visita técnica da concessionária Honda, foi afirmado que, apesar de na ficha técnica apontar um consumo maior do câmbio automático em relação ao manual, esse valor acaba sendo relativo e propenso a alterações, pois o motorista que utiliza o câmbio manual pode utilizar faixas de troca de marcha onde o consumo de combustível é maior.

No caso da transmissão automática, como esse câmbio foi desenvolvido priorizando o baixo consumo de combustível, ele sempre irá trabalhar nas faixas de menor consumo, sendo assim, apesar das variáveis que influenciam no consumo de combustível, o sistema automático pode apresentar um consumo igual ou menor do que o sistema manual da Honda.

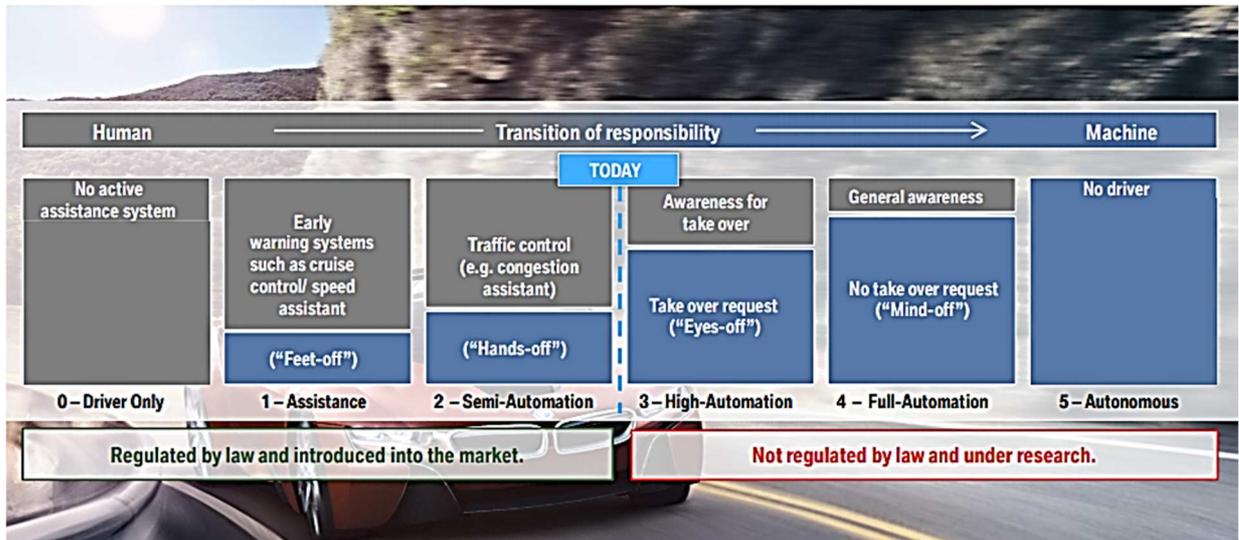
Com isso, é possível visualizar alguns cenários, no âmbito internacional, as transmissões manuais, dependendo país e região, estão com baixo, ou nenhum uso, principalmente nas novas frotas automotivas.

A Figura 54, apresenta uma tendência futura, onde as responsabilidades em dirigir estão sendo atribuídas às máquinas, ou seja, os avanços tecnológicos estão contribuindo para a implementação de novos sistemas eletrônicos embarcados aos veículos, hoje já são feitos testes para projetos de veículos autônomos e, para algumas atribuições (estacionar o veículo, tomada de decisões para ultrapassagens seguras, conversões de mudança de faixas, frenagens automáticas de emergência, etc.) já são identificadas e realizadas pelo próprio sistema de segurança autônomo do automóvel, a fim de auxiliar o motorista.

Isso acaba por limitar o uso de um sistema de transmissão mecânica, onde, o seu uso exige da própria ação do motorista para estar realizando as trocas de marcha e fazer com que o veículo se movimente.

Figura 54 – Mudança de responsabilidade entre motorista e veículo.

**FUTURE: CHANGE OF RESPONSIBILITY FROM DRIVER TO VEHICLE.  
DEGREES OF AUTOMATION.**



Fonte: Huber (2016, p. 8).

Porém, no cenário brasileiro, o uso da transmissão automática tem aumentado seu espaço no setor automotivo. Além disso, o Brasil, tende a seguir outras tendências mundiais e estar migrando para veículos mais dependentes eletronicamente e menos das ações do motorista. Todavia, um ambiente automotivo brasileiro livre das transmissões manuais ainda está distante de ocorrer tendo em vista que: transmissões automáticas ainda têm um custo maior; baixa mão de obra especializada para esse tipo de transmissão; alta frota de veículos com transmissões manuais rodando no país, não compromete o seu desuso. Com isso, um cenário nacional, com manufatura de veículos sem transmissão manual, ainda está longe de acontecer, o que garante o uso desse sistema por um bom tempo.

## 7 CONCLUSÃO

A análise comparativa entre os câmbios manuais e automáticos integrados ao veículo Honda Fit LX 1.4 litros do modelo 2010 levou em consideração as análises técnicas, extraindo informações disponibilizadas pelo manual técnico do automóvel, da tabela FIPE, e os dados qualitativos utilizando um estudo de caso, o qual abrangeu uma pesquisa, no ambiente de trabalho profissional da concessionária especializada, e a implementação da análise SWOT.

Foram utilizando todos os dados coletados, a fim de verificar os cenários propícios ou não, para cada um dos sistemas.

A transmissão manual, é o sistema mais usual utilizado hoje na frota automobilística brasileira. Na análise, verificou-se que é um componente que ainda será amplamente usado, principalmente em território nacional. Possui como características fortes o fato de ser um sistema compacto, o tornando de tamanho versátil e de menor custo em comparação com as outras transmissões.

Pode-se ainda destacar a sua compatibilidade para ser empregada em veículos automotores de pequeno até grande porte, visto que o seu sistema robusto possibilita o seu uso e garante uma boa resposta e a performance desejado ao veículo.

Além disso, por ser um modelo de transmissão aplicado desde o início do desenvolvimento dos primeiros veículos, o seu mecanismo é muito conhecido hoje pelos técnicos automotivos e os seus componentes mecânicos são de fáceis acesso ao mercado e em caso de desuso, por serem compostos, em sua grande maioria, de sistemas mecânicos (engrenagens, eixos, cubos, rolamentos, etc.), muitos deles podem ser reutilizados e reaproveitados.

O câmbio manual é conhecido, também, por disponibilizar uma rápida tomada de potência e resposta nas trocas de marchas e, se usado de forma correta, garante um consumo de combustível baixo.

Por outro lado, a caixa manual possui um alto nível de desgaste de componentes, podendo ser maior ou menor a depender do seu uso e, analisando os cenários de médio a longo prazo, e as outras possibilidades de câmbio, percebe-se uma tendência na sua baixa utilização. Hoje a disponibilidade de outros mecanismos de transmissão diminui a sua procura, no caso da Honda, segundo o Apêndice A, em média para cada 100 carros vendidos apenas 1 possui câmbio manual.

Parte do público-alvo tem buscado mais conforto, ergonomia e qualidade, visto o aumento de idosos na sociedade. Pode-se destacar, ainda, o rápido avanço tecnológico, a tendência do aumento de sistemas eletroeletrônicos nos veículos e a implementação de sistemas como *Advanced Driver Assistance Systems (ADAS)*, os quais limitam o seu uso nesse cenário.

No caso da transmissão automática a análise de desempenho identificou uma pequena inferioridade em comparação a manual, podendo citar a sua menor disponibilidade de torque, prejudicando um pouco a resposta na tomada de potência quando for solicitado pelo motorista. Têm-se, ainda, o seu valor no mercado mais alto em comparação com a manual e, de forma geral, possui um consumo de combustível maior, em média 3% maior, visto que parte da energia transmitida é perdida no conversor do torque, devido à resistência viscosa do óleo. Porém essa diferença vem reduzindo e, em alguns casos, são equiparados ao manual, visto que o sistema automático é programado para trabalhar nas faixas de menor consumo de combustível.

No caso da necessidade de manutenção, deve ser encaminhado a mecânicas especializadas, sendo, ainda, um número baixo ainda de empresas que prestam esse serviço, e quando solicitadas exigem altos preços de mão de obra (Apêndice A).

Visando o cenário atual, a médio e longo prazo, verifica-se uma diferença em relação ao câmbio manual. Há uma tendência crescente pela sua procura, principalmente pelo fato de ser um sistema mais confortável e ergonômico. Existe ainda um índice baixo de danos aos seus sistemas, tendo um índice melhor quando o motorista o utiliza com cautela e respeita as suas manutenções preventivas, que consistem, em sua grande maioria, na troca de óleo, preservando a sua alta durabilidade e ciclo de vida.

Como as trocas de marchas são realizadas eletronicamente pelo módulo central, ECU, é um câmbio facilmente adaptável as tendências tecnológicas futuras na indústria automotiva, tornando um forte concorrente para sua alta demanda em um futuro próximo.

Com isso, é possível verificar um aumento do uso de câmbios automáticos, porém, apesar de um cenário tendendo a sistemas cada vez mais eletrônicos, a caixa manual tem um longo caminho ainda a ser percorrido, principalmente no Brasil. O seu valor é mais baixo, tornando-o uma escolha para casos que visam menor gasto. Esse câmbio também preserva características esportivas, sendo uma opção de escolha para automóveis esportivos, é ainda uma boa escolha para veículos pesado.

## REFERÊNCIAS

ADIBI, Hadi Asl. et al. **Modeling torque converter characteristics in automotive drivelines: Lock-up clutch and engine braking simulation**. ASME 2012 International Design Engineering Technical Conferences and Computers and Information in Engineering Conference, American Society of Mechanical Engineering, 2012.

ASSOCIAÇÃO DE ENGENHARIA ARQUITETURA E AGRONOMIA DE RIBEIRÃO PRETO. **A história e a genialidade do automóvel**. Ribeirão Preto – SP, Texto & Cia Comunicação, 2016).

ÁVILA, Rafael. **Como fazer a SWOT cruzada**. 2015. Disponível em: <<https://blog.luz.vc/como-fazer/swot-cruzada/>>. Acesso em: 10 out. 2018

ÁVILA, Rafael. **O que é e como montar uma matriz GUT (Gravidade, Urgência e Tendência)**. 2014. Disponível em: <<https://blog.luz.vc/o-que-e/matriz-gut-gravidade-urgencia-e-tendencia/>>. Acesso em: 10 out. 2018

CASAROTTO, Camila. **Análise SWOT ou Matriz F.O.F.A.: entenda o conceito e como colocá-la em prática**. 2018. Disponível em: <<https://marketingdeconteudo.com/como-fazer-uma-analise-swot/>>. Acesso em: 10 out. 2018.

DANTAS, André. **Pressão média efetiva: economia, potência e algumas coisinhas mais**. 2011 Disponível em: <<http://www.autoentusiastascassic.com.br/2011/08/pressao-media-efetiva-economia-potencia.html>>. Acesso em: 15 out. 2018.

FUNDAÇÃO INSTITUTO DE PESQUISAS ECONÔMICAS. **Tabela FIPE**. 2018. Disponível em: <<http://veiculos.fipe.org.br/>>. Acesso em: 10 out. 2018.

GENTA, G.; MORELLO, L. **The automotive chassis: components design**. Heidelberg, Springer Netherlands, 2009.

GRANDO, Nei. **A ferramenta estratégica de Análise SWOT é FOFA**. 2011. Disponível em: <<https://neigrando.wordpress.com/2011/11/24/a-ferramenta-estrategica-de-analise-swot-e-fofa/>>. Acesso em: 10 out. 2018.

GUERRA, Pedro H.L. **Câmbio curto e câmbio longo: entenda a influência no desempenho do carro**. 2015. Disponível em: <<https://educacaoautomotiva.com/2015/08/05/cambio-curto-e-cambio-longo-entenda-a-influencia-no-desempenho-do-carro/>>. Acesso em: 24 ago. 2018.

HEPTINSTALL, S. **1001 carros para dirigir antes de morrer**. Rio de Janeiro: Sextante, 2013.

HOFFMANN, Felipe. **Caixas de dupla embreagem saem de cena: por quê?** 2017. Disponível em: <<http://bestcars.uol.com.br/bc/mais/cons-tecnico/caixas-de-dupla-embreagem-saem-de-cena-por-que/>>. Acesso em: 02 nov. 2018.

HONDA Automóveis do Brasil. **Manual de serviços do proprietário**. 2018. Disponível em: <<https://www.honda.com.br/pos-venda/automoveis/automovel/honda-fit-2010>>. Acesso em: 12 ago. 2018.

HUBER, Werner. **Head of Driver Assistance and Perception**. 2016. Disponível em: <[https://www.bmwgroup.com/content/dam/bmw-group-websites/bmwgroup\\_com/ir/downloads/en/2016/termine/2016-BMW-Group-Presentation-Autonomous%20Driving.pdf](https://www.bmwgroup.com/content/dam/bmw-group-websites/bmwgroup_com/ir/downloads/en/2016/termine/2016-BMW-Group-Presentation-Autonomous%20Driving.pdf)>. Acesso em: 30 nov. 2018.

J & M CLUTCH AND CONVERTER. **Applications and selection of torque converters**. 2013. Disponível em: <<http://jmclutch.com/site/catalog/three-stage-converters/application-selection>>. Acesso em: 03 dez. 2018.

LECHNER, G.; NAUNHEIMER, H. **Automotive transmission: fundamentals, selection, design and application**. Stuttgart: Springer, 1999.

MARTINS, Jorge. **Motores a combustão interna**. Porto, Publinústria, Edições Técnicas, 2016.

NICE, Karim. **How gears work**. 2018. Disponível em: <<https://science.howstuffworks.com/transport/engines-equipment/gear7.htm>>. Acesso em: 21 out. 2018.

NICOLAZZI, Lauro Cesar, et al. **Uma introdução a modelagem quase-estática de automóveis**. Florianópolis, Departamento de Engenharia Mecânica da UFSC, 2012.

PATEL, Neil. **Análise SWOT ou FOFA: Guia como encontrar pontos fortes e fracos**. 2018. Disponível em: <<https://neilpatel.com/br/blog/como-fazer-analise-swot/>>. Acesso em: 08 out. 2018

ZAL, Pawel. **Automobile Catalog. Honda (Brazil)**. 2010-2018. Disponível em: <[http://www.automobile-catalog.com/curve/2010/1153400/honda\\_fit\\_lx\\_alcool.html](http://www.automobile-catalog.com/curve/2010/1153400/honda_fit_lx_alcool.html)>. Acesso em: 10 out. 2018.

SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL. **Automobilística: sistemas de transmissão**. Apostilado – Curso Técnico. São Paulo: SENAI-SP, 2003.

SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL. **Mecânica veículos leves: Sistema automática**. São Paulo: SENAITEC. 2002.

SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL. **Mecânica veículos leves: Sistema de transmissão**. São Paulo: SENAITEC. 2001.

SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL. **Transmissão mecânica de veículos leves**. São Paulo: SENAI-SP. 2016.

SUDÉN, Yang Li Max. **Modeling and measurement of transient torque converter characteristic**. Gothenburg, Sweden, Chalmers University of Technology, Department of Applied Mechanism, 2016.

**APENDICE A – QUESTIONÁRIO DE PERGUNTAS SOBRE AS  
TRANSMISSÕES MANUAIS E AUTOMÁTICAS (HONDA FIT 2ª GERAÇÃO).  
REALIZADA EM: 09/2018**

**Quais os benefícios de ambas as transmissões?**

“A transmissão manual geralmente é encontrada, no caso dos veículos Honda, em carros esportivos, onde exigem mais potência, e caso o cliente gostaria de ter um maior controle do veículo e de forma mais agressiva”

“Hoje em dia, a maioria dos veículos, não só na Honda, mas em outras montadoras, estão começando a usar, cada vez mais, as transmissões automáticas e a CVT”

“Os benefícios da transmissão automática estão no conforto e hoje, pode se considerar, a economia de combustível, pois, o câmbio manual é programado para trabalhar na melhor condição de consumo, o que, pode não ocorre na transmissão manual, visto que o motorista pode estar usando a caixa de câmbio de forma que consuma mais combustível do que a automática”

**Qual o nível de durabilidade das transmissões?**

“A manutenção de uma automática é bem mais duradoura do que a manual, a transmissão manual ocorre desgastes, tendo que trocar embreagem, conjunto de platô, etc”.

“Na transmissão automática não acontece isso, sendo a sua vida útil mais longa do que a manual”

“As correrias nas transmissões CVT’s, Honda, são banhadas em óleo, o que garantem mais durabilidade ao componente do sistema. Não existe quilometragem para substituir a correia.”

“O índice de manutenção da CVT e automática são quase 0%”

**Quanto ao custo das transmissões?**

“O que mais peca dos veículos mais populares em usar câmbio automático é o custo, pois uma transmissão automática chega a dar uma diferença de preço de R\$ 4000,00 a R\$ 5000,00, o que a torna inviável para carros populares”

### **Qual o nível de aceitabilidade por parte dos clientes?**

“Hoje em dia, falando de Brasil, ainda existe uma resistência com relação a automática por parte dos clientes. O passado foi muito escuro, as transmissões eram chamadas de hidramáticos, ou seja, ela era 99% hidráulica e 1% eletrônica, e realmente, ocasionava muito problemas. Porém, hoje em dia é o contrário, 99% eletrônica e 1% hidráulica e, apesar da má fama, hoje em dia existe uma média, na concessionária, de vender 100 veículos, sendo 99 automáticos e 1 manual”

“A transmissões manuais se encontram em alguns carros de entrada, Honda Fit, City, HR-V e em veículos esportivos”

### **Quanto ao nível de conforto para o cliente?**

“O câmbio automático não exige com que o motorista troque as marchas manualmente, com isso o torna a mais confortável”

“A caixa manual perde nesse conceito, com o alto fluxo de veículo na cidade, engarrafamentos, tornam o uso dessa caixa muito cansativa, e quando o cliente testa o câmbio automático, dificilmente volta a usar a manual, e como hoje o consumo de combustível das automáticas são ótimos, mesmo nas cidades, a transmissão automática se torna mais confortável ao dirigir”

### **Quais as reclamações por parte dos clientes?**

“Não existe reclamação, existe uma dúvida até ele pilotar o veículo em uma automática ou CVT. Pois o público mais idoso tem receio quanto ao sistema acreditando não conseguir se adaptar. Porém, após a adaptação, o cliente não troca o conforto e a qualidade do câmbio automática ou CVT pelo câmbio manual”

### **Quais os defeitos mais comuns?**

“A transmissão automática ou CVT, podem ocasionar defeitos se caso o cliente não respeitar os períodos de troca de óleo”

“No caso da transmissão manual, a troca de óleo não interfere tanto, sua troca é em uma quilometragem bem maior, tendo mais função de refrigeração e lubrificação, no caso os defeitos são dependentes do uso do motorista”

“No caso da automática e CVT’s o óleo têm uma função muito mais importante. Se não trocar, pode danificar drasticamente a transmissão, podendo dar problema nos rolamentos, problemas de superaquecimento e fritar os discos de embreagem, danificar solenoides, obstruir e quebrar válvulas. Ou seja, o óleo é o segredo da durabilidade da transmissão.”

### **Quanto ao custo de manutenção das transmissões?**

“A manutenção da caixa automática se resume a troca do fluído do óleo, para os veículos Honda, deve ser feita a cada 80.000 Km, então, imagina se caso o motorista faça uma média de 10.000 Km no ano, ele vai realizar a primeira troca, somente após 8 anos. Porém, a montadora recomenda trocar o fluido, ao menos, a cada 4 anos.”

“No entanto, para a transmissão manual existe uma pequena desvantagem, se usar muito na cidade, pode ser que em 4 anos, a embreagem tenha que ser trocada ao menos 2 vezes, gerando um custo para o cliente”

“Existe uma inconveniência bem maior na transmissão manual, visto que, uma hora ou outra, algum dos seus componentes deverá ser feito a troca de componente para a manutenção”

“O segredo é a troca do óleo, depende da disciplina do motorista”

“Se caso vir a causar algum dano na transmissão automática, o custo dessa será bem maior do que na manual”

“A caixa existe uma embreagem de partida que possui discos, e o óleo ajuda na fricção e refrigeração, era o que acontecia nos modelos antigos. Logo eram substituídos os discos e troca-se o conversor de torque, pois, não é possível abrir o componente, na montadora nós não abrimos, seguimos regra, os danos à embreagem podem danificar a válvula e com isso, substituímos o corpo onde ela vai alojada.”

“Com certeza, a manutenção da transmissão automática é mais cara do que a manual”

### **Quanto a complexidade dos sistemas?**

“O que torna a automática mais complexa, é a quantidade de componente (válvulas, solenoides, etc.), porém o seu funcionamento é bem simples.”

### **As transmissões possibilitam melhorias/otimizações?**

“Hoje em dia as transmissões estão sempre evoluindo, nos manuais, hoje é possível ter um carro de luxo com câmbios de embreagem dupla, os chamados DSG (Dual Shift Gear)”

“Toda hora as transmissões estão evoluindo, mudança de componente, solenoides, antigamente as válvulas, década de 90, as transmissões automáticas tinham instaladas cerca de 150 válvulas, hoje em dia são 6 válvulas, pois os solenoides fazem hoje boa parte das funções”

“As duas possuem possibilidade de otimização, nas transmissões manuais, as engrenagens estão mais resistentes, menos ruídos, mais leves, menos desgastes quando em contato entre elas, muita evolução, principalmente na parte de peso e resistência do material”

### **A transmissões podem ser aplicadas em diferentes tipos de veículos?**

“A partir do momento que se trabalha com peso (caminhão), ocorre um limite para o uso de uma caixa de câmbio automática, não é sempre aplicável, pode ocasionar, principalmente, problemas de aquecimento no sistema, dependendo do seu uso.”

“No caso da CVT, não se recomenda o uso de reboque nos carros”

“Para veículos de alta carga, a primeira opção seria o uso de câmbio manual/automatizado”

“O conjunto *powertrain* devem ser muito bem casados, uma transmissão boa com motor ruim não dá e o contrário também.”

### **Risco quanto a sua inutilidade, em caso de danos?**

“As duas podem ser reaproveitadas a depender dos componentes”

“As caixas manuais têm mais facilidade de reusar os seus componentes, porém cada caso é um caso, houve momentos, os quais, os componentes da transmissão manual não puderam ser reaproveitados devido a um dano severo.”

### **Qual a maior dificuldade quanto a sua aplicação nos veículos?**

“O que mais influência é a construção funcionamento. Varia muito com o desenho do veículo, potência do motor, público alvo. A aplicação deve haver um bom casamento, no caso

do esportivo da Honda, o fato de usar um câmbio automático pode ocasionar na perda da própria esportividade, por isso que se faz a opção de usar o câmbio manual no esportivo.”

“Hoje é feito uma pesquisa de mercado para verificar, justamente para reduzir a dificuldade de sua aplicação nos veículos do mercado brasileiro”

“Hoje no mundo, os lugares onde a Honda vende mais veículos manuais são Brasil e Tailândia”

## ANEXO A – CÁLCULO NUMÉRICO DAS RELAÇÕES DE TRANSMISSÃO DO CÂMBIO AUTOMÁTICO E MANUAL.

```

% Análise de Desempenho Câmbio Manual e Automático

clc; clear all;

% Dados de Entrada
m_mn = 1080; % Massa do carro com cambio manual [Kg]
m_at = 1113; % Massa do carro com cambio automatico [Kg]
L = 175; % Largura do pneu [mm]
L_rate = 0.65; % [%]
D_int = 15; % Diametro interno [pol]
n_cur = [1000:100:6500]; % Rotacao da curva de torque/potencia do motor
n = [0:100:6500]; % Rotacao para velocidade tangencial
n_ideal = 3500; % Rotacao ideal para consumo
i_mn = [3.307; 1.750; 1.171; 0.923; 0.767]; % Relacao da trans. manual
i_at = [2.995; 1.678; 1.066; 0.760; 0.551]; % Relacao da trans. automatica
i_ideal = [3.307:-0.025:0.45]; % Distribuicao da relacao ideal manual
i_dif_mn = 4.625; % Relacao diferencial das trans. manual
i_dif_at = 4.562; % Relacao diferencial das trans. automatica
h_mn = 0.97; % Eficiencia da caixa de mudancas manual
h_at = 0.95; % Eficiencia da caixa de mudancas automatica
Altura = 1.535; % Altura do veiculo
Largura = 1.695; % Largura do veiculo
Cx = 0.32; % Coeficiente de arrasto aerodinamico
p = 1.2992; % Densidade do ar [kg*m³]
f = 0.01; % Coeficiente do atrito ao rolamento
V_max_mn = 120; % Velocidade maxima cambio manual [Km/h]
V_max_at = 120; % Velocidade maxima cambio manual [Km/h]

load Torque.txt
load Potencia.txt

% Calculo do Raio Dinamico
D_ext = ((D_int*25.4)+(2*L*L_rate))/1000; %Diametro externo do pneu [m]
r_est = D_ext*0.47; % Raio estatico do pneu [m]
r_din = r_est*1.02; %Raio dinamico do pneu [m]

% Torque/Potencia do Motor Honda

Torque = Torque(:,1); % Torque em Nm
Potencia = Potencia(:,1); % Torque em Kw

Torque_Kgfm = Torque*0.101971621; % Torque em Kgfm
Potencia_cv = Potencia*1.3596216173039; % Torque em cv

% Torque/Potencia Transmissao Manual/Automatica e Ideal

for i = 1:56
    Tor_mn(i) = Torque(i)*h_mn; % Torque trans. manual [Nm]
    Tor_at(i) = Torque(i)*h_at; % Torque trans. automatica [Nm]
end

for i = 1:56

```

```

Pot_mn(i) = Potencia(i)*h_mn; % Potencia da Trans. Manual [kW]
Pot_at(i) = Potencia(i)*h_at; % Potencia da Trans. Automatica [kW]
end

% Torque/Potencia para cada marcha

for i = 1:56
    for j = 1:5
        Tor_mar_mn(i,j) = Tor_mn(i)*i_mn(j)*i_dif_mn;
        Tor_mar_at(i,j) = Tor_at(i)*i_at(j)*i_dif_at;
    end
end

% Rotação da Roda [RPM]

for i = 1:66
    for j = 1:5
        n_mn(i,j) = n(i)/(i_mn(j)*i_dif_mn);
        n_at(i,j) = n(i)/(i_at(j)*i_dif_at);
    end
end

% Rotacao para forza trativa

for i = 1:56
    for j = 1:5
        n_mn_tr(i,j) = n_cur(i)/(i_mn(j)*i_dif_mn);
        n_at_tr(i,j) = n_cur(i)/(i_at(j)*i_dif_at);
    end
end

% Velocidade Angular

for i = 1:66
    for j = 1:5
        w_mn(i,j) = (pi*n_mn(i,j))/30;
        w_at(i,j) = (pi*n_at(i,j))/30;
    end
end

% Velocidade para forza trativa

for i = 1:56
    for j = 1:5
        w_mn_tr(i,j) = (pi*n_mn_tr(i,j))/30;
        w_at_tr(i,j) = (pi*n_at_tr(i,j))/30;
    end
end

% Velocidade Tangencial em km/h

for i = 1:66
    for j = 1:5
        vt_mn(i,j) = w_mn(i,j)*r_din*3.6;
        vt_at(i,j) = w_at(i,j)*r_din*3.6;
    end
end

```

```

% Velocidade tangencial para forca trativa

for i = 1:56
    for j = 1:5
        vt_mn_tr(i,j) = w_mn_tr(i,j)*r_din*3.6;
        vt_at_tr(i,j) = w_at_tr(i,j)*r_din*3.6;
    end
end

% Forcas Trativas

for i = 1:56
    for j = 1:5
        F_tr_mn(i,j) = Tor_mar_mn(i,j)/r_din;
        F_tr_at(i,j) = Tor_mar_at(i,j)/r_din;
    end
end

% Força Trativa Ideal para Rotação de 6500 e 3500 rpm

for i = 1:115
    v_ideal(i) = (2*pi*5600*r_din*3.6)./(60*i_dif_mn*i_ideal(i));
end

for i = 1:115
    F_ideal_Pot(i) = max(Potencia)*1000./(v_ideal(i)/3.6);
end

% Grafico Dentes de Serra
% n = [0:100:3500];
figure(1)
plot(vt_mn(1:49,:),n(1:49),'-r','linewidth',2)
xlabel('Velocidade [km/h'],'FontSize',14);
ylabel('Rotação [rpm'],'FontSize',14);
title('Transmissão Manual','FontSize',18);
grid on
hold on
figure(2)
plot(vt_at(1:49,:),n(1:49),'-b','linewidth',2)
xlabel('Velocidade [km/h'],'FontSize',14);
ylabel('Rotação [rpm'],'FontSize',14);
title('Transmissão Automática','FontSize',18);
legend('1ª Marcha (MN)','2ª Marcha (MN)','3ª Marcha (MN)','4ª Marcha (MN)','5ª
Marcha (MN)', '1ª Marcha (AT)','2ª Marcha (AT)','3ª Marcha (AT)','4ª Marcha
(AT)','5ª Marcha (AT)')
ylim([0,5000])
grid on

% Grafico Curva de Torque/Potencia

figure(3)
[ax,h1,h2] = plotyy(n_cur,Torque_Kgfm,n_cur,Potencia_cv,'plot');
xlim(ax(1),[0,7000])
xlim(ax(2),[0,7000])
set(h1,'linewidth',1.2)
set(h2,'linestyle','--','linewidth',1.2)

```

```

xlabel('Rotação [rpm]', 'FontSize', 14);
ylabel(ax(1), 'Torque [Kgfm]', 'FontSize', 14);
ylabel(ax(2), 'Potência [cv]', 'FontSize', 14);
title('Curva Torque/Potência Motor SOHC i-VTEC 1.4L', 'FontSize', 15);
legend('Torque', 'Potência')
grid on

% Grafico Curva de Torque pos 1ª marchas

figure(5)
plot(n_cur, Tor_mar_mn(:, 1), '-*g', 'linewidth', 0.5)
hold on
plot(n_cur, Tor_mar_at(:, 1), '.b', 'linewidth', 2)
xlabel('Rotação [rpm]', 'FontSize', 14);
ylabel('Torque [Nm]', 'FontSize', 14);
title('Gráfico da Força Trativa Trans. Manual/Automática', 'FontSize', 15);
legend('Manual', 'Automática')
grid on

% Grafico Curva de Torque pos marchas

figure(6)
plot(n_cur, Tor_mn, '-.g', 'linewidth', 2)
hold on
plot(n_cur, Tor_at, '-y', 'linewidth', 2)
xlabel('Rotação [rpm]', 'FontSize', 14);
ylabel('Torque [Nm]', 'FontSize', 14);
title('Torque Disponível Trans. Manual/Automática', 'FontSize', 15);
legend('Manual', 'Automática')
xlim([0, 7000])
ylim([0, 140])
grid on

% Figura Forças Trativas

figure(7)
plot(vt_mn_tr, F_tr_mn, '-m', 'linewidth', 1.5)
hold on
plot(vt_at_tr, F_tr_at, '-.c', 'linewidth', 1.5)
hold on
plot(v_ideal, F_ideal_Pot, 'r', 'linewidth', 2.5)
ylim([0, 7000])
xlabel('Velocidade [km/h]', 'FontSize', 14);
ylabel('Força Trativa [N]', 'FontSize', 14);
title('Gráfico da Força Trativa Trans. Manual/Automática', 'FontSize', 15);
legend('1ª Marcha(MN)', '2ª Marcha(MN)', '3ª Marcha(MN)', '4ª Marcha(MN)', '5ª
Marcha(MN)', '1ª Marcha(AT)', '2ª Marcha(AT)', '3ª Marcha(AT)', '4ª Marcha(AT)', '5ª
Marcha(AT)')
grid on

```